

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2003 年 10 月 23 日 (23.10.2003)

PCT

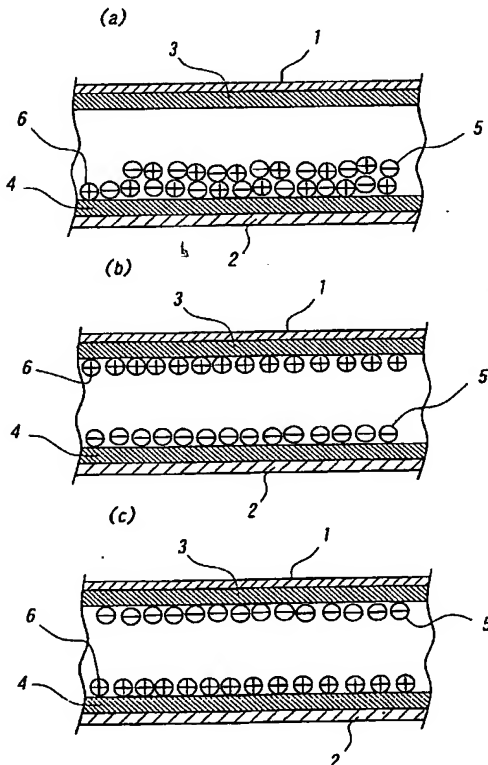
(10) 国際公開番号
WO 03/088495 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H03L 7/087, 7/089, 7/113 特願 2002-313817
2002 年 10 月 29 日 (29.10.2002) JP
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/04924 特願 2002-313955
2002 年 10 月 29 日 (29.10.2002) JP
- (22) 国際出願日: 2003 年 4 月 17 日 (17.04.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2002-114586 2002 年 4 月 17 日 (17.04.2002) JP
特願 2002-114668 2002 年 4 月 17 日 (17.04.2002) JP
特願 2002-130411 2002 年 5 月 2 日 (02.05.2002) JP
特願 2002-130510 2002 年 5 月 2 日 (02.05.2002) JP
特願 2002-158781 2002 年 5 月 31 日 (31.05.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社
ブリヂストン (BRIDGESTONE CORPORATION)
[JP/JP]; 〒104-8340 東京都中央区京橋 1 丁目 1 0 番
1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 二瓶 則
夫 (NIHEI, Norio) [JP/JP]; 〒187-0031 東京都小
平市小川東町 3-5-5 Tokyo (JP). 北野 創 (KI-
TANO, Sou) [JP/JP]; 〒187-0031 東京都小平市小川
東町 3-5-5 Tokyo (JP). 高木 光治 (TAKAGI, Mit-
suharu) [JP/JP]; 〒211-0051 神奈川県川崎市中原区

[続葉有]

(54) Title: IMAGE DISPLAY UNIT

(54) 発明の名称: 画像表示装置



(57) Abstract: Inventions 1-3 relate to an image display unit provided with an image display plate for displaying an image formed by sealing at least two kinds of particles different in color and charging characteristic between two substrates, at least one of them being transparent, and imparting an electric field to particles from electrode pair consisting of electrodes provided on a substrate to move particles flying. In the first invention, fine recesses and/or fine protrusions (25) are provided on part of or whole of the surface of an electrode, or fine notched holes are provided on part of or whole of the surface of an electrode. In the second invention, the particle-contacting surface of a substrate is coated with a thin-film insulator having a volume resistivity of at least $1 \times 10^{12} [\Omega \cdot \text{cm}]$ to provide an insulator thin film, or the arithmetic average roughness (Ra) and the unevenness average interval (Sm) of a particle-contacting substrate surface respectively satisfy specified expressions. In the third invention, a fly-moving current produced when particles in a pixel are moved flying is detected to thereby read an image display status.

(57) 要約: 本発明の第 1 発明～第 3 発明は、いずれも、少なくとも一方が透明な 2 枚の基板の間に色および帯電特性の異なる 2 種類以上の粒子を封入し、基板に設けた電極からなる電極対から粒子に電界を与えて、粒子を飛翔移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置に関する。第 1 発明では、電極の表面の一部もしくは全面に微小凹部および/または微小凸部 25 を設けるか、電極の表面の一部もしくは全面に微小切り欠き孔を設ける。また、第 2 発明では、基板の粒子が接触する面を体積抵抗 $1 \times 10^{12} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 以上の絶縁体で薄膜コーティングし、絶縁体薄膜を設けるか、粒子が接触する基板面の算術平均粗さ (Ra) 及び凹凸平均間隔 (Sm) がそれぞれ所定の式を満足するようにする。さらに、第 3 発明では、画素内の粒子の飛翔移動の際に発生する飛翔移動電流を検出することにより画像表示状態を読み出すようにする。



宮内 3-2 1-3 3-3 0 4 Kanagawa (JP). 薬師寺 学 (YAKUSHIJI, Manabu) [JP/JP]; 〒207-0022 東京都 東大和市 桜が丘 2-2 2 3-1 Tokyo (JP). 村田 和也 (MURATA, Kazuya) [JP/JP]; 〒187-0031 東京都 小平市 小川東町 3-5-5 Tokyo (JP). 桜井 良 (SAKURAI, Ryou) [JP/JP]; 〒187-0031 東京都 小平市 小川東町 3-1-1 Tokyo (JP). 岩淵 芳典 (IWABUCHI, Yoshinori) [JP/JP]; 〒187-0031 東京都 小平市 小川東町 3-1-1 Tokyo (JP). 山崎 博貴 (YAMAZAKI, Hiro-taka) [JP/JP]; 〒186-0005 東京都 国立市 西 2-8-3 6 Tokyo (JP). 増田 善友 (MASUDA, Yoshitomo) [JP/JP]; 〒205-0023 東京都 羽村市 神明台 3-5-2 8 Tokyo (JP). 服部 励治 (HATTORI, Reiji) [JP/JP]; 〒819-0002 福岡県 福岡市 西区 姪浜町 2 0 0-1 Fukuoka (JP).

(74) 代理人: 杉村 興作 (SUGIMURA, Kosaku); 〒100-0013 東京都 千代田区 霞が関 3 丁目 2 番 4 号 霞山ビルディング Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

画像表示装置

技術分野

本発明は、クーロン力などを利用した粒子の飛翔移動に伴い、画像を繰り返し表示、消去できる画像表示板を具備する画像表示装置に関する。

背景技術

従来より、液晶（LCD）に代わる画像表示装置として、電気泳動方式、エレクトロクロミック方式、サーマル方式、2色粒子回転方式などの技術を用いた画像表示装置が提案されている。

これら従来の技術は、LCDに比べて、通常の印刷物に近い広い視野角が得られる、消費電力が小さい、メモリ機能を有している等のメリットから、次世代の安価な画像表示装置に使用できる技術として考えられ、携帯端末用画像表示、電子ペーパー等への展開が期待されている。特に最近では、分散粒子と着色溶液からなる分散液をマイクロカプセル化し、これを対向する基板間に配置する電気泳動方式が提案され期待が寄せられている。

しかしながら、電気泳動方式では、液中を粒子が泳動するために液の粘性抵抗により応答速度が遅いという問題がある。更に、低比重の溶液中に酸化チタン等の高比重の粒子を分散させているために沈降しやすく、分散状態の安定性維持が難しく、画像繰り返し安定性に欠けるという問題を抱えている。マイクロカプセル化にしても、セルサイズをマイクロカプセルレベルにし、見かけ上、上述した欠点が現れにくくしているだけであって、本質的な問題は何ら解決されていない。

一方、溶液中での挙動を利用した電気泳動方式に対し、溶液を使わず、導電性粒子と電荷輸送層を基板の一部に組み入れた方式も提案され始めている（趙 国来、外3名、“新しいトナーディスプレイデバイス(I)”，1999年7月21日、

日本画像学会年次大会(通算 8 3 回)“Japan Hardcopy'99”、p. 249-252)。しかし、電荷輸送層、更には電荷発生層を配置するために構造が複雑になると共に、導電性粒子に電荷を一定に注入することは難しく、安定性に欠けるという問題もある。

上述した種々の問題を解決するための一方法として、少なくとも一方が透明な 2 枚の基板の間に色および帯電特性の異なる 2 種類以上の粒子を封入し、基板に設けた電極からなる電極対から粒子に電界を与えて、クーロン力などにより粒子を飛翔移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置が知られている。

本発明の第 1 発明に係る第 1 実施例及び第 2 実施例が解決しようとする課題は以下の通りである。すなわち、この画像表示装置において繰り返し画像の表示、消去を行っている、粒子自体の凝集力や重力によって粒子が基板と平行な方向に移動して粒子の粗密部分が生じ、画像表示の欠陥もしくはコントラストの低下を生じる。そのため、両基板間の空間を隔壁により細かく分割してセル構造とし、粒子の横方向移動を抑制するといったアイデアが提案されている。しかしながら、この隔壁を用いる方法は有効表示面積を減少させてコントラストを悪化させ、また、画像表示装置を製造する際の粒子のセル内への充填を困難にし、隔壁形成のため画像表示装置の製造コストを上昇させるといった問題があった。

また、本発明の第 2 発明に係る第 1 実施例及び第 2 実施例が解決しようとする課題は以下の通りである。すなわち、このような乾式表示装置の動作メカニズムは、色および帯電特性の異なる 2 種類の粒子を混合したものを電極板で挟み込み、電極板に電圧を印加することで極板間に電界を発生させて特性の異なる帯電粒子を異なる方向へ飛翔させることにより表示素子として使用するものである。

粒子にかかる力は粒子同士がクーロン力によって引き付け合う力、極板との映像力、分子間力、さらには、液架橋力、重力などが考えられ、これらの総合的な力に対し、電界によって粒子に働きかけられる力が上回った場合に粒子の飛翔が起こる。そして、各粒子はパターンを形成し、その色調の違いによりコントラスト

トを形成し、パターンを認識させる。このコントラストが高いほど視認性が良好な表示媒体となる。

しかしながら、このような乾式表示装置においては、駆動の際に強い電界を発生させる必要があり、電気泳動方式が数十V程度で粒子を移動可能であるのに対し、数百V以上でないと粒子を移動することができず、それに耐え得る電気回路の設計が必要となるため、汎用の電子材料が使用できない等の問題があった。

さらに、本発明の第3発明が解決しようとする課題は以下の通りである。すなわち、この画像表示装置は、一度書き込み操作により画像を形成してしまえば、駆動電圧を取り去っても画像表示状態を保持するという特徴がある。そのため、従来方式の画像表示装置にはないメリットが生じ、大画面高精細ディスプレイ、電子ペーパーなどへの応用が期待されている。

上記画像表示メモリ性をさらに有効に活用する方法として、保持している画像表示状態を読み出すことができるなら、この画像表示装置を情報記憶装置として用いることが考えられる。特に大画面高精細ディスプレイや電子ペーパーなど表示画素数が極端に多い場合は、半導体素子による画像メモリを併設する方法に比べて、コストや小型化などの面でメリットが大きい。

また、光センサーなどを用いて光学的に画像表示状態を読み出す方法は、光センサー付加のためのコストアップや、取り付けスペースのための画像表示装置の大型化などの問題が生じる。さらに、電氣的に読み出すことができれば上記問題は回避できるが、上記粒子の飛翔移動により画像を表示する画像表示装置では、粒子に電界を与えて画像を表示した後、すべての表示状態において電極間の抵抗値や静電容量の差がなく、これらの電氣的特性値を利用して画像表示状態を読み出すことができないという問題があった。

発明の開示

本発明の第1発明に係る第1実施例及び第2実施例の目的は、乾式で応答性能が速く、単純な構造で安価かつ、安定性に優れる画像表示装置において、繰り返

し画像表示時の粒子凝集による画質劣化を抑制し、耐久特性を向上させることができる画像表示装置を提供しようとするものである。

本発明の第1発明に係る第1実施例の画像表示装置は、少なくとも一方が透明な2枚の基板の間に色および帯電特性の異なる2種類以上の粒子を封入し、基板に設けた電極からなる電極対から粒子に電界を与えて、クーロン力により粒子を飛翔移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置において、電極の表面の一部もしくは全面に微小凹部および／または微小凸部を設けたことを特徴とするものである。

通常平行に配置される2枚の基板にそれぞれ設けられた電極対により与えられる粒子飛翔のための電界が均一電界であるのに対し、上述した構成の本発明の画像表示装置では、電極表面に設けた微小凹部および／または微小凸部によって部分的に微小不均一電界を導入できる。この微小凹部および／または微小凸部によって発生する微小な不均一電界は横方向、すなわち基板面と平行な方向への電界成分を有するため、横方向に移動しようとする粒子に対し積極的に吸引もしくは排斥することで粒子を固定し、凝集による偏在を抑制できる。

本発明の第1発明に係る第1実施例の画像表示装置では、微小凹部および／または微小凸部により得られる不均一電界が粒子に与える影響の度合いが粒子の平均粒子径との関係で決まることから、平均粒子径と微小凹部および／または微小凸部の寸法との関係を定義することで所定値以上の不均一電界を得るとの観点から、微小凹部および／または微小凸部の電極面への投影形状の平均対角長さを平均幅とし、微小凹部および／または微小凸部の電極面からの深さおよび／または高さの絶対値の平均を平均高さ（深さ）とし、2種類以上の粒子のうち最も大きな平均粒子径を最大平均粒子径としたとき、 $\text{平均幅} / \text{最大平均粒子径} > 2$ 、かつ、 $\text{平均高さ} / \text{最大平均粒子径} > 2$ 、となるよう微小凹部および／または微小凸部を構成することが好ましい。上記関係を達成できないと、所定値以上の不均一電界を得ることができないため、本発明の繰り返し画像表示時の粒子凝集による画質

劣化を抑制し、耐久特性を向上させるとの効果を十分に得ることができない。

本発明の第1発明に係る第1実施例の画像表示装置では、微小凹部および／または微小凸部を光透過性を必要とする表示電極側に施す場合、通常数十nm程度の薄膜として用いられるITO透明電極などの厚みを増すことが製法上、光学特性上難しいので、透明絶縁層を電極上に施し、これに微小凹部および／または微小凸部を設けることで同様の効果を得ることが好ましい。また、絶縁樹脂をスクリーン印刷法などでドット形状に印刷し、微小凸部として用いることもできる。この場合、ドットの占有面積率が十分に小さい場合は樹脂が透明でなくともよい場合がある。

本発明の第1発明に係る第1実施例の画像表示装置において、微小凹部および／または微小凸部を間隔をおいて複数並べることは、微小不均一電界を大きな電極面すなわち大きな画素に適用できるため好ましく、その際、微小凹部および／または微小凸部の平均間隔が、平均間隔／最大平均粒子径 < 50 となるよう構成することが好ましい。この場合は、微小凹部および／または微小凸部による不均一電界発生効果を広範囲に連続的に得ることができる。

また、ある条件のもとでは微小凹部および／または微小凸部の部分に軽微なコントラストの低下が見られることがあり、表示部全体のコントラストを確保するために、微小凹部および／または微小凸部の電極面への投影形状の総面積が電極面積に対して50%以下であることが好ましい。さらに、微小凹部および／または微小凸部の効果を十分に得るためには、微小凹部および／または微小凸部の総面積が電極面積に対して0.1%以上であることが好ましい。

本発明の第1発明に係る第1実施例の画像表示装置における粒子としては、粒子の平均粒子径が $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ であることが好ましい。また、キャリアを用いてブローオフ法により測定した粒子の表面電荷密度が絶対値で $5 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 以上 $150 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 以下であることが好ましい。さらに、粒子が、その表面と1mmの間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8KVの電圧を印加してコロナ

放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きい粒子であることが好ましい。さらにまた、粒子の色が白色及び黒色であることが好ましい。

本発明の第1発明に係る第2実施例の画像表示装置は、少なくとも一方が透明な2枚の基板の間に色および帯電特性の異なる2種類以上の粒子を封入し、基板に設けた電極からなる電極対から粒子に電界を与えて、クーロン力により粒子を飛翔移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置において、電極の表面の一部もしくは全面に微小切り欠き孔を設けたことを特徴とするものである。

通常平行に配置される2枚の基板にそれぞれ設けられた電極対により与えられる粒子飛翔のための電界が均一電界であるのに対し、上述した構成の本発明の画像表示装置では、電極表面に設けた微小切り欠き孔によって部分的に微小不均一電界を導入できる。この微小切り欠き孔によって発生する微小な不均一電界は横方向、すなわち基板面と平行な方向への電界成分を有するため、横方向に移動しようとする粒子に対し積極的に吸引もしくは排斥することで粒子を固定し、凝集による偏在を抑制できる。

本発明の第1発明に係る第2実施例の画像表示装置では、微小切り欠き孔により得られる不均一電界が粒子に与える影響の度合いが粒子の平均粒子径との関係で決まることから、粒子の平均粒子径と微小切り欠き孔寸法との関係を定義することで所定以上の不均一電界を得るとの観点から、微小切り欠き孔形状の最大対角長さを最大幅とし、2種類以上の粒子のうち最も大きな平均粒子径を最大平均粒子径としたとき、最大幅/最大平均粒子径 >10 となるよう微小切り欠き孔を構成することが好ましい。上記関係を達成できないと、所定値以上の不均一電界を得ることができないため、本発明の繰り返し画像表示時の粒子凝集による画質劣化を抑制し、耐久特性を向上させるとの効果を十分に得ることができない。

本発明の第1発明に係る第2実施例の画像表示装置において、微小切り欠き孔

を間隔をおいて複数並べることは、微小不均一電界を大きな電極面すなわち大きな画素に適用できるため好ましく、その際、微小切り欠き孔の最小間隔が、最小間隔／最大平均粒子径 <50 となるよう構成することが好ましい。この場合は、微小切り欠き孔による不均一電界の効果を広範囲に連続的に得ることができる。

また、ある条件のもとでは微小切り欠き孔の部分に軽微なコントラストの低下が見られることがあり、表示部全体のコントラストを確保するために、微小切り欠き孔の総面積が電極面積に対して 50% 以下であることが好ましい。さらに、微小切り欠き孔の効果を十分に得るためには、微小切り欠き孔の総面積が電極面積に対して 0.1% 以上であることが好ましい。

本発明の第1発明に係る第2実施例の画像表示装置における粒子としては、粒子の平均粒子径が $0.1\sim 50\mu\text{m}$ であることが好ましい。また、キャリアを用いてブローオフ法により測定した粒子の表面電荷密度が絶対値で $5\mu\text{C}/\text{m}^2$ 以上 $150\mu\text{C}/\text{m}^2$ 以下であることが好ましい。さらに、粒子が、その表面と 1mm の間隔をもって配置されたコロナ放電器に、 8KV の電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、 0.3 秒後における表面電位の最大値が 300V より大きい粒子であることが好ましい。さらにまた、粒子の色が白色及び黒色であることが好ましい。

本発明の第2発明に係る第1実施例は、上記実情に鑑みて鋭意検討されたものであり、安価な、かつ、安定性向上と駆動電圧低減の両立を可能にする画像表示装置を提供することを目的とするものである。

本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を重ねた結果、粒子を移動させ画像を表示する画像表示装置において、基板の粒子が接触する面を体積抵抗 $1\times 10^{12}[\Omega\cdot\text{cm}]$ 以上の絶縁体で薄膜コーティングすることにより、前記の目的を達成することを見出し、本発明に至った。

ここで、本発明の第2発明に係る第2実施例の完成に至る技術背景について説明する。

静電気を活用した表示方法については、対向する基板間に粒子を封入した表示装置に何らかの手段で基板表面に電荷が付与される。高電位に帯電した基板部位に向かっては低電位に帯電した粒子がクーロン力により引き寄せられ、また、低電位に帯電した基板部位に向かっては高電位に帯電した粒子がクーロン力により引き寄せられ、それら粒子が対向する基板間を往復移動することにより、画像表示がなされる。

ここで、ディスプレイとしては粒子が低電圧で駆動できるように、表示装置を設計することが重要となってくる。

ところが、これまでは、繰り返し時あるいは保存時の安定性を実現しようとする、それを阻害する主要因である溶液を全く用いない、粒子と基板を基本構成要素とする、いわゆる乾式タイプの静電表示を選択し、逆に、駆動電圧の低減化を実現しようとする、溶液中での電気泳動を利用した、粒子と基板と粒子が泳動する十分な溶液を基本構成要素とする、いわゆる湿式タイプの静電表示を選択せざるを得なかった。すなわち、沈降、凝集を避けた繰り返し時、保存時の安定性向上化と、駆動電圧の低減化とは二律背反し、両立は困難であった。

この要因の一つは気相中では粒子と基板の付着力が溶液中のそれよりも強いためであると考えられる。

本発明の第2発明に係る第1実施例では、予め体積抵抗 $1 \times 10^{12} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 以上の絶縁体で薄膜コーティングした基板を用いることにより、先に述べた繰り返し時、保存時の安定性向上と、駆動電圧低減とを両立できることを見出したものである。

すなわち本発明の第2発明に係る第1実施例は、以下の画像表示装置を提供するものである。

(1) 少なくとも一方が透明な対向する基板間に、粒子を封入し、粒子を移動させ画像を表示する画像表示装置において、基板の粒子が接触する面が体積抵抗 $1 \times 10^{12} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 以上の絶縁体で薄膜コーティングされ、絶縁体薄膜が設けら

れている画像表示装置。

(2) 前記絶縁体薄膜の厚さが $5\mu\text{m}$ 以下である上記(1)の画像表示装置。

(3) 基板にコーティングする絶縁体が、その絶縁体表面と 1mm の間隔をもって配置されたコロナ放電器に、 8 kV の電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、 0.3 秒後における表面電位の最大値が 300 V より大きい上記(1)又は(2)の画像表示装置。

(4) 表示装置内の空隙が、 25°C における相対湿度が $60\% \text{ RH}$ 以下の気体で満たされている上記(1)～(3)のいずれかの画像表示装置。

(5) 下記式で示される、各粒子の粒子径分布 Span が5未満である上記(1)～(4)のいずれかの画像表示装置。

$$\text{Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$

(ただし、 $d(0.5)$ は粒子の 50% がこれより大きく、 50% がこれより小さいという粒子径を μm で表した数値、 $d(0.1)$ はこれ以下の粒子の比率が 10% である粒子径を μm で表した数値、 $d(0.9)$ はこれ以下の粒子が 90% である粒子径を μm で表した数値とする。)

(6) 前記粒子の、下記関係式で表される溶剤不溶率が 50% 以上である上記(1)～(5)のいずれかの画像表示装置。

$$\text{溶剤不溶率}(\%) = (B / A) \times 100$$

(ただし、 A は粒子の溶剤浸漬前重量を示し、 B は良溶媒中に粒子を 25°C で 24 時間浸漬後重量を示す。)

(7) 隔壁が形成され、表示部を複数の表示セルからなる上記(1)～(6)のいずれかの画像表示装置。

(8) 前記複数の表示セルを形成する際に、隔壁がスクリーン印刷法、サンドブラスト法、感光体ペースト法及びアディティブ法のいずれかで形成されてなる上記(7)の画像表示装置。

(9) 前記隔壁が片リブ構造である上記(7)の画像表示装置。

本発明の第2発明に係る第2実施例は、上記実情に鑑みて鋭意検討されたものであり、駆動の際に強い電界を発生させる必要がなく、汎用の電子材料を使用して電気回路が組める乾式画像表示装置であって、安定性と駆動電圧低減の両立を達成した画像表示装置の提供を目的とするものである。

本発明者らは、前記目的を達成するために鋭意研究を重ねた結果、少なくとも一方が透明な対向する基板間に、粒子を封入し、粒子を飛翔移動させ画像を表示する画像表示装置において、粒子が接触する基板面の算術平均粗さ（Ra）及び凹凸平均間隔（Sm）がそれぞれ下記式（I）、（II）を満足する画像表示装置が本目的を達成することを見出した。

$$d(0.5)/10 \geq Ra \geq d(0.5)/200 \quad \dots (I)$$

$$d(0.5)/10 \geq Sm \geq d(0.5)/1000 \quad \dots (II)$$

（d（0.5）は粒子の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいという粒子径を μm で表した数値を表す。）

本発明の第2発明に係る第2実施例は、かかる知見に基づいて完成したものである。

本発明の第3発明の目的は、乾式で応答性能が速く、単純な構造で安価かつ、安定性に優れる画像表示装置において、表示した画像の画像表示状態を読み出すことのできる画像表示状態検出機能を有する画像表示装置を提供しようとするものである。

本発明の第3発明に係る画像表示装置は、少なくとも一方が透明な2枚の基板の間に色および帯電特性の異なる2種類以上の粒子を封入し、前記基板の一方または双方に設けた電極からなる電極対から前記粒子に電界を与えて、前記粒子を飛翔移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置であって、画素内の粒子の飛翔移動の際に発生する飛翔移動電流を検出することにより画像表示状態を読み出すことを特徴とするものである。

本発明の第3発明における画像表示装置は、粒子が電極間を飛翔移動する際、

飛翔移動電流が流れる。飛翔移動電流の積分値は飛翔移動した粒子の電荷の総和であるので、あらかじめ粒子の平均電荷量を測定しておけば、どれだけの量の粒子が移動したかがわかる。この移動粒子の量を電極面積で割れば面積当たりの粒子密度が計算できる。このときの表示濃度は粒子面積密度から光学計算で求めてもよいし、実測してもよい。このようにして実際に用いる電極面積における表示濃度と飛翔移動電流積分値との関係をあらかじめマップ化しておき、飛翔移動電流積分値を検出することで表示濃度すなわち画像表示状態を検出することができる。

本発明の第3発明では、実際の画像表示状態の読み出しを、表示されている画像に対し、全面黒色または白色の画像を書き込み、その書き込みの際各画素に流れた飛翔移動電流の積分値から各画素の表示濃度を求めることで行うよう構成すると、本発明をより効果的に実施できるため、好ましい。また、飛翔移動電流を検出する飛翔移動電流検出部と、飛翔移動電流を積分する積分器を具備するよう構成すること、画像書き込みの際に用いる電極を使用して、飛翔移動電流を検出すること、及び、読み出された表示画像情報をもとに、再書き込みすることは、いずれも好ましい態様となる。

さらに、本発明の画像表示装置における粒子としては、粒子の平均粒子径が0.1～50 μm であることが好ましい。また、キャリアを用いてブローオフ法により測定した粒子の表面電荷密度が絶対値で5 $\mu\text{C}/\text{m}^2$ 以上150 $\mu\text{C}/\text{m}^2$ 以下であることが好ましい。さらに、粒子が、その表面と1mmの間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8KVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きい粒子であることが好ましい。さらにまた、粒子の色が白色及び黒色であることが好ましい。また、画像表示板が、複数の走査電極と、それにほぼ直行するデータ電極で構成されるマトリックス電極を具備することが好ましい。

図面の簡単な説明

図 1 (a) ~ (c) は、それぞれ本発明の第 1 発明に係る画像表示装置に用いる画像表示板の表示素子の一例とその表示駆動原理を示す図である。

図 2 (a) ~ (h) は、それぞれ本発明の第 1 発明の第 1 実施例において電極表面に複数個形成した微小凹部および／または微小凸部の一例を説明するための図である。

図 3 は、本発明の第 1 発明の第 1 実施例においてセグメント表示装置に本発明を適用した一例を示す図である。

図 4 は、本発明の第 1 発明の第 1 実施例においてセグメント表示装置における対向基板の一例を示す図である。

図 5 は、本発明の第 1 発明の第 1 実施例においてセグメント表示装置における透明電極の一例を示す図である。

図 6 は、本発明の第 1 発明の第 1 実施例においてセグメント表示装置におけるスクリーンパターン（レジストパターン）の一例を示す図である。

図 7 (a) ~ (g) は、それぞれ本発明の第 1 発明の第 2 実施例において電極表面に切り欠いて複数個形成した微小切り欠き孔の一例を説明するための図である。

図 8 は、本発明の第 1 発明の第 2 実施例においてセグメント表示装置に本発明を適用した一例を示す図である。

図 9 は、本発明の第 1 発明の第 2 実施例においてセグメント表示装置に本発明を適用した他の例を示す図である。

図 10 は、粒子の表面電位の測定要領を示す図である。

図 11 は、本発明の第 2 発明の画像表示装置における表示方式を示す説明図である。

図 12 は、本発明の第 2 発明の画像表示装置における表示方式を示す説明図である。

図 13 は、本発明の第 2 発明に係る画像表示装置の構造を示す説明図である。

図 1 4 は、本発明の第 2 発明に画像表示装置における基板の形状の一例を示す図である。

図 1 5 は、本発明の第 2 発明に係る画像表示装置における隔壁の製造工程を示す説明図である。

図 1 6 は、本発明の第 2 発明に係る画像表示装置における隔壁の製造工程を示す説明図である。

図 1 7 は、本発明の第 2 発明に係る画像表示装置における隔壁の製造工程を示す説明図である。

図 1 8 は、本発明の第 2 発明に係る画像表示装置における隔壁の製造工程を示す説明図である。

図 1 9 (a) ~ (c) は、それぞれ本発明の第 3 発明に係る画像表示装置に用いる画像表示板の表示素子の一例およびその表示駆動原理を説明するための図である。

図 2 0 (a)、(b) は、それぞれ本発明の第 3 発明に係る画像表示装置の画像表示板を例示する模式図である。

図 2 1 (a)、(b) は、それぞれ本発明の第 3 発明に係る画像表示装置において中間調表示を行う際の飛翔移動電流の補正方法を説明するための図である。

図 2 2 は、本発明の第 3 発明に係る画像表示装置における画像読み取りの動作を説明するための図である。

図 2 3 は、本発明の画像表示装置の機能評価において、最低駆動電圧の測定方法を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

まず、本発明の第 1 発明に係る画像表示装置について説明する。

図 1 は本発明の第 1 発明に係る第 1 実施例及び第 2 実施例の画像表示装置を構成する画像表示板の画像表示素子の一例とその表示駆動原理を示す図である。図 1 (a) ~ (c) に示す例において、1 は透明基板、2 は対向基板、3 は表示電

極（透明電極）、4は対向電極、5は負帯電性粒子、6は正帯電性粒子である。

図1（a）は対向する基板（透明基板1と対向基板2）の間に負帯電性粒子5及び正帯電性粒子6を配置した状態を示す。この状態のものに、表示電極3側が低電位、対向電極4側が高電位となるように電圧を印加すると、図1（b）に示すように、クーロン力によって、正帯電性粒子6は表示電極3側飛翔移動し、負帯電性粒子5は対向電極4側に飛翔移動する。この場合、透明基板1側から見る表示面は正帯電性粒子6の色に見える。次に、特性を切り換えて、表示電極3側が高電位、対向電極4側が低電位となるように電圧を印加すると、図1（c）に示すように、クーロン力によって、負帯電性粒子5は表示電極3側に飛翔移動し、正帯電性粒子6は対向電極4側に飛翔移動する。この場合、透明基板1側から見る表示面は負帯電性粒子5の色に見える。

図1（b）と図1（c）の間は電源の電位を反転するだけで繰り返し表示することができ、このように電源の電位を反転することで可逆的に色を変化させることができる。粒子の色は、随意に選定できる。例えば、負帯電性粒子5を白色とし、正帯電性粒子6を黒色とするか、負帯電性粒子5を黒色とし、正帯電性粒子6を白色とすると、表示は白色と黒色間の可逆表示となる。この方式では、各粒子は一度電極に鏡像力により貼り付いた状態にあるので、電圧を切った後も表示画像は長期に保持され、メモリ保持性が良い。

本発明では、各帯電粒子は気体中を飛翔するため、画像表示の応答速度が速く、応答速度を1ms以下にすることができる。また、液晶表示素子のように配向膜や偏光板等が不要で、構造が単純で、低コストかつ大面積が可能である。温度変化に対しても安定で、低温から高温まで使用可能である。さらに、視野角がなく、高反射率、反射型で明るいところでも見易く、低消費電力である。メモリ性もあり、画像保持する場合に電力を消費しない。

図1（a）～（c）で説明した画像表示装置において、本発明の第1発明の第1実施例では、電極（ここでは表示電極3及び対向電極4）の表面の一部もしくは

は全面に微小凹部、微小凸部あるいは微小凹部と微小凸部の両者（後述する）を設けている。その際、微小凹部および／または微小凸部の形状が重要で、微小凹部および／または微小凸部の電極面への投影形状の平均対角長さを平均幅とし、微小凹部および／または微小凸部の電極面からの深さおよび／または高さの絶対値の平均を平均高さ（深さ）とし、2種類以上の粒子のうち最も大きな平均粒子径を最大平均粒子径としたとき、平均幅／最大平均粒子径 >2 、かつ平均高さ／最大平均粒子径 >2 、となるよう微小凹部および／または微小凸部を構成することが好ましい。

本発明の第1発明の第1実施例に係る画像表示装置における電極表面の微小凹部および／または微小凸部は、その形状として、円、楕円、正方形、長方形、多角形、線状、曲線状、不定形などやその組み合わせが考えられる。また、特に1画素の面積が大きくなるセグメント表示などにおいては、微小凹部および／または微小凸部を繰り返し配置することによって同様の効果で大画面で得ることができる。この場合、繰り返し配置の方法として、格子配置、千鳥格子配置、ピッチ変動配置、ランダム配置などが考えられる。

図2（a）～（h）はそれぞれ電極表面に複数個形成した微小凹部または微小凸部の一例を説明するための図である。図2（a）は円形の微小凹部11を電極12の表面に格子配列した例を示し、図2（b）はレーストラック形状の微小凹部11を電極12の表面に格子配列した例を示す。また、図2（c）は円形の微小凹部11を電極12の表面に千鳥配列した例を示し、図2（d）はレーストラック形状の微小凹部11を電極12の表面に千鳥配列した例を示す。さらに、図2（e）は円形の円形の微小凸部13を電極12の表面に格子配列した例を示し、図2（f）は線状のスリットからなる微小凹部11を並列に配置した例を示す。さらにまた、図2（g）は円錐状の微小凸部13を千鳥配列した例を示し、図2（h）は四角形の微小凹部11を電極12上に配置したワッフル型の例を示す。

図3はセグメント表示装置に本発明の第1発明の第1実施例を適用した例を示

す図である。図3に示す例において、セグメント表示装置21は、透明基板22、スペーサ23、対向基板24を積層して構成されている。透明基板22のスペーサ23側の表面には、表示パターンの各セグメントに沿った形状の透明電極（図示せず）を設けている。スペーサ23としては、表示パターンの各セグメントの形状に応じて開口27を有する黒色のスペーサを使用する。対向基板24のスペーサ23側の表面には、各セグメント毎に、円形の微小凹部25を複数個設けた7つのセグメント電極26を形成している。透明電極及びセグメント電極26には、図示しない電極引き出し線が施してあり、図示しない駆動回路と接続している。スペーサ23の7つの開口27の各別に色および帯電特性の異なる2種類以上の粒子、例えば上述した例のように、正帯電性粒子と負帯電性粒子を充填する。なお、スペーサ23の厚みは電極間距離が所定の間隔になるよう調整してある。図3に示すセグメント表示装置21の動作は上述した画像表示装置の例と同様である。

上述したセグメント表示装置21において、微小凹部25を有するセグメント電極26は、例えば100mm×100mmの正方形で厚さが1mmのアルミニウム板の片側の表面にエッチングにより微小凹部25を複数形成し、各セグメントの形状に切り出すことで作製することができる。

他の例として、微小凸部を有するセグメント電極26をその表面に形成した対向基板24（図4）は、以下のように作製することができる。すなわち、まず、図5に示すように、ガラス基板上にITO透明電極により表示パターンに沿ったセグメント電極26を形成する。次に、図6に示すように、微小凸部を形成する位置に開口を有するスクリーンを準備し、このスクリーンをセグメント電極26を表面に形成したガラス基板上に重ね合わせて、開口からPDPリブ形成用ペーストをセグメント電極26の表面に付着させることで、所定の対向基板24を作製することができる。その際、ペーストの粘度や開口の大きさを調整することにより、微小凸部の高さを所定の値にすることができる。

さらに他の例として、微小凹部を有するセグメント電極26をその表面に形成した対向基板24（図4）は、以下のように作製することができる。すなわち、まず、図5に示すように、ガラス基板上にITO透明電極により表示パターンに沿ったセグメント電極26を形成する。次に、ガラス基板上にレジストフィルムを50ミクロン厚で全面に貼り付け、表示パターンに沿ったフォトマスク28（図6参照）にてUVで感光し、エッチングによって微小凹部をセグメント電極26に形成することで、所定の対向基板24を作製することができる。その際、エッチングの時間を調整することにより、微小凹部の深さを所定の値にすることができる。

図1（a）～（c）で説明した画像表示装置において、本発明の第1発明の第2実施例では、電極（ここでは表示電極3及び対向電極4）の表面の一部もしくは全面に微細な微小切り欠き孔（後述する）を設けている。その際、微小切り欠き孔形状が重要で、微小切り欠き孔形状の最大対角長さを最大幅とし、2種類以上の粒子のうち最も大きな平均粒子径を最大平均粒子径としたとき、最大幅／最大平均粒子径 >10 となるよう微小切り欠き孔を構成することが好ましい。

電極表面形成した微小切り欠き孔は、その形状として、円、楕円、正方形、長方形、多角形、線状、曲線状、不定形等やその組み合わせが考えられる。また、特に1画素の面積が大きくなるセグメント表示等においては、微小切り欠き孔を繰り返し配置することによって同様の効果で大画面で得ることができる。この場合、繰り返し配置の方法として、格子配置、千鳥格子配置、ピッチ変動配置、ランダム配置等が考えられる。

図7（a）～（g）はそれぞれ電極表面に切り欠いて複数個形成した微小切り欠き孔の一例を説明するための図である。図7（a）は円形の微小切り欠き孔31を電極32上に格子配列した例を示し、図7（b）は楕円形の微小切り欠き孔31を電極32上に格子配列した例を示す。また、図7（c）は円形の微小切り欠き孔31を電極32上に千鳥配列した例を示し、図7（d）は楕円形の微小切

り欠き孔 3 1 を電極 3 2 上に千鳥配列した例を示す。さらに、図 7 (e) は線状の微小切り欠き孔 3 1 を電極 3 2 上に並列に設けた例を示し、図 7 (f) は線状の微小切り欠き孔 3 1 を電極 3 2 上において互いに 90 度異なった方向に順に並べた例を示し、図 7 (g) は曲線状の微小切り欠き孔 3 1 を電極 3 2 上に千鳥配列した例を示す。

図 8 はセグメント表示装置に本発明の第 1 発明の第 2 実施例を適用した例を示す図である。図 8 に示す例において、セグメント表示装置 4 1 は、透明基板 4 2、スペーサ 4 3、対向基板 4 4 を積層して構成されている。透明基板 4 2 のスペーサ 4 3 側の表面には、各セグメント毎に、ドット形状の微小切り欠き孔 4 5 を設けた 7 つのセグメント電極 4 6 を形成している。スペーサ 4 3 としては、各セグメントの形状に応じた開口 4 7 を有する青色のスペーサを使用する。対向基板 4 4 のスペーサ 4 3 側の表面には、各セグメント毎に、ドット形状の微小切り欠き孔 4 5 を設けた 7 つのセグメント電極 4 6 を透明基板 4 2 と同様に形成している。

そして、スペーサ 4 3 の 7 つの開口 4 7 の各別に色および帯電特性の異なる 2 種類以上の粒子、例えば上述した例のように、正帯電性粒子と負帯電性粒子を充填する。図 8 に示すセグメント表示装置 4 1 の動作は上述した画像表示装置の例と同様である。なお、図 8 の例において、各セグメントの寸法の一例は、幅約 1 cm、長さ約 5 cm、文字「8」全体の高さ約 10 cm である。また、微小切り欠き孔 4 5 は上述した形状に限定されないことは明らかで、例えば、図 9 に示すように、各セグメント毎に円形状の微小切り欠き孔 4 5 を格子状に配置することもできる。

以下、本発明の第 1 発明の第 1 実施例及び第 2 実施例に係る画像表示装置で用いる基板について述べる。基板の少なくとも一方は装置外側から粒子の色が確認できる透明基板であり、可視光の透過率が高くかつ耐熱性の良い材料が好適である。可撓性の有無は用途により適宜選択され、例えば、電子ペーパー等の用途には可撓性のある材料、携帯電話、PDA、ノートパソコン類の携帯機器の表示装

置等の用途には可撓性のない材料が好適である。

基板の材料を例示すると、ポリエチレンテレフタレート、ポリエーテルサルフォン、ポリエチレン、ポリカーボネート、ポリイミド、アクリル等のポリマーシートや、ガラス、石英等の無機シートが挙げられる。対向基板は透明でも不透明でもかまわない。基板の厚みは、 $2 \sim 5000 \mu\text{m}$ が好ましく、特に $5 \sim 1000 \mu\text{m}$ が好適である。厚みが薄すぎると、強度、基板間の間隔均一性を保ちにくくなり、厚みが厚すぎると、表示機能としての鮮明さ、コントラストの低下が発生し、特に、電子ペーパー用途の場合にはフレキシビリティに欠ける。

以下、本発明の画像表示装置で用いる粒子について述べる。本発明では、表示のための粒子は負又は正帯電性の着色粒子で、クーロン力により飛翔移動するものであればいずれでも良いが、特に、帯電性に優れ、球形で比重の小さい粒子が好適である。粒子の平均粒子径は $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ が好ましく、特に $1 \sim 30 \mu\text{m}$ が好ましい。粒子径がこの範囲より小さいと、粒子の電荷密度が大きすぎて電極や基板への鏡像力が強すぎ、メモリ性はよいが、電界を反転した場合の追随性が悪くなる。反対に粒子径がこの範囲より大きいと、追随性は良いが、メモリ性が悪くなる。

粒子を負又は正に帯電させる方法は、特に限定されないが、コロナ放電法、電極注入法、摩擦法等の粒子を帯電する方法が用いられる。キャリアを用いてブローオフ法により測定した粒子の表面電荷密度が絶対値で $5 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 以上 $150 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 以下であることが好ましい。表面電荷密度がこの範囲より低いと、電界の変化に対する応答速度が遅くなり、メモリ性も低くなる。表面電荷密度がこの範囲より高いと、電極や基板への鏡像力が強すぎ、メモリ性はよいが、電界を反転した場合の追随性が悪くなる。

本発明において用いた、表面電荷密度を求めるのに必要な、帯電量の測定および粒子比重の測定は以下によって行った。

<ブローオフ測定原理及び方法>

ブローオフ法においては、両端に網を張った円筒容器中に粉体とキャリアの混合体を入れ、一端から高圧ガスを吹き込んで粉体とキャリアとを分離し、網の目開きから粉体のみをブローオフ(吹き飛ばし)する。この時、粉体が容器外に持ち去った帯電量と等量で逆の帯電量がキャリアに残る。そして、この電荷による電束の全てはファラデーケージで集められ、この分だけコンデンサーは充電される。そこでコンデンサー両端の電位を測定することにより粉体の電荷量 Q は、

$$Q = CV \quad (C: \text{コンデンサー容量}, V: \text{コンデンサー両端の電圧})$$

として求められる。

ブローオフ粉体帯電量測定装置としては東芝ケミカル社製の TB-200 を用いた。本発明ではキャリアとして正帯電性・負帯電性の2種類のものを用い、それぞれの場合の単位面積あたり電荷密度(単位: $\mu\text{C}/\text{m}^2$)を測定した。すなわち、正帯電性キャリア(相手を正に帯電させ自らは負になりやすいキャリア)としてはパウダーテック社製の F963-2535 を、負帯電性キャリア(相手を負に帯電させ自らは正に帯電しやすいキャリア)としてはパウダーテック社製の F921-2535 を用いた。

<粒子比重測定方法>

粒子比重は、株式会社島津製作所製比重計、マルチポリウム密度計 H1305 にて測定した。

粒子はその帯電電荷を保持する必要があるので、体積固有抵抗が $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の絶縁性粒子が好ましく、特に体積固有抵抗が $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の絶縁性粒子が好ましい。また、以下に述べる方法で評価した電荷減衰性の遅い粒子が更に好ましい。

即ち、粒子を、別途、プレス、加熱溶融、キャスト等により、厚み $5 \sim 100 \mu\text{m}$ のフィルム状にする。そして、そのフィルム表面と 1 mm の間隔をもって配置されたコロナ放電器に、 8 KV の電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させ、その表面電位の変化を測定し判定する。この場合、 0.3 秒後における表面電位の最大値が 300 V より大きく、好ましくは 400 V より大きくな

るように、粒子構成材料を選択、作製することが肝要である。

なお、上記表面電位の測定は、例えば図10に示した装置（QEA社製CRT 2000）により行うことが出来る。この装置の場合は、前述したフィルムを表面に配置したロールのシャフト両端部をチャック51にて保持し、小型のスコロトロン放電器52と表面電位計53とを所定間隔離して併設した計測ユニットを上記フィルムの表面と1mmの間隔を持って対向配置し、上記フィルムを静止した状態のまま、上記計測ユニットをフィルムの一端から他端まで一定速度で移動させることにより、表面電荷を与えつつその表面電位を測定する方法が好適に採用される。なお、測定環境は温度 $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\text{RH}\%$ とする。

粒子は帯電性能等が満たされれば、いずれの材料から構成されても良い。例えば、樹脂、荷電制御剤、着色剤、無機添加剤等から、あるいは、着色剤単独等で形成することができる。

樹脂の例としては、ウレタン樹脂、ウレア樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、アクリルウレタン樹脂、アクリルウレタンシリコーン樹脂、アクリルウレタンフッ素樹脂、アクリルフッ素樹脂、シリコーン樹脂、アクリルシリコーン樹脂、エポキシ樹脂、ポリスチレン樹脂、スチレンアクリル樹脂、ポリオレフィン樹脂、ブチラール樹脂、塩化ビニリデン樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、フッ素樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリスルホン樹脂、ポリエーテル樹脂、ポリアミド樹脂等が挙げられ、2種以上混合することもできる。特に、基板との付着力を制御する観点から、アクリルウレタン樹脂、アクリルシリコーン樹脂、アクリルフッ素樹脂、アクリルウレタンシリコーン樹脂、アクリルウレタンフッ素樹脂、フッ素樹脂、シリコーン樹脂が好適である。

荷電制御剤としては、特に制限はないが、負荷電制御剤としては例えば、サリチル酸金属錯体、含金属アゾ染料、含金属（金属イオンや金属原子を含む）の油性染料、4級アンモニウム塩系化合物、カリックスアレン化合物、含ホウ素化合物（ベンジル酸ホウ素錯体）、ニトロイミダゾール誘導体等が挙げられる。正荷

電制御剤としては例えば、ニグロシン染料、トリフェニルメタン系化合物、4級アンモニウム塩系化合物、ポリアミン樹脂、イミダゾール誘導体等が挙げられる。その他、超微粒子シリカ、超微粒子酸化チタン、超微粒子アルミナ等の金属酸化物、ピリジン等の含窒素環状化合物及びその誘導体や塩、各種有機顔料、フッ素、塩素、窒素等を含んだ樹脂等も荷電制御剤として用いることもできる。

着色剤としては、以下に例示するような、有機又は無機の各種、各色の顔料、染料が使用可能である。

黒色顔料としては、カーボンブラック、酸化銅、二酸化マンガ、アニリンブラック、活性炭等がある。黄色顔料としては、黄鉛、亜鉛黄、カドミウムイエロー、黄色酸化鉄、ミネラルファストイエロー、ニッケルチタンイエロー、ネーブルイエロー、ナフトールイエローS、ハンザイエローG、ハンザイエロー10G、ベンジジンイエローG、ベンジジンイエローGR、キノリンイエローレーキ、パーマネントイエローNCG、タートラジンレーキ等がある。橙色顔料としては、赤色黄鉛、モリブデンオレンジ、パーマネントオレンジGTR、ピラゾロンオレンジ、バルカンオレンジ、インダスレンブリリアントオレンジRK、ベンジジンオレンジG、インダスレンブリリアントオレンジGK等がある。赤色顔料としては、ベンガラ、カドミウムレッド、鉛丹、硫化水銀、カドミウム、パーマネントレッド4R、リソールレッド、ピラゾロンレッド、ウォッチングレッド、カルシウム塩、レーキレッドD、ブリリアントカーミン6B、エオシンレーキ、ローダミンレーキB、アリザリンレーキ、ブリリアントカーミン3B等がある。

紫色顔料としては、マンガ紫、ファストバイオレットB、メチルバイオレットレーキ等がある。青色顔料としては、紺青、コバルトブルー、アルカリブルーレーキ、ピクトリアブルーレーキ、フタロシアニンブルー、無金属フタロシアニンブルー、フタロシアニンブルー部分塩素化物、ファストスカイブルー、インダスレンブルーBC等がある。緑色顔料としては、クロムグリーン、酸化クロム、ピグメントグリーンB、マラカイトグリーンレーキ、ファイナルイエローグリー

ンG等がある。白色顔料としては、亜鉛華、酸化チタン、アンチモン白、硫化亜鉛等がある。

体質顔料としては、バライト粉、炭酸バリウム、クレー、シリカ、ホワイトカーボン、タルク、アルミナホワイト等がある。また、塩基性、酸性、分散、直接染料等の各種染料として、ニグロシン、メチレンブルー、ローズベンガル、キノリンイエロー、ウルトラマリンブルー等がある。これらの着色剤は、単独或いは複数組み合わせる用いることができる。特に黒色着色剤としてカーボンブラックが、白色着色剤として酸化チタンが好ましい。

粒子の製造方法については特に限定されないが、例えば、電子写真のトナーを製造する場合に準じた粉碎法および重合法が使用出来る。また、無機または有機顔料の粉体の表面に樹脂や荷電制御剤等をコートする方法も用いられる。

透明基板と対向基板の間隔は、粒子が飛翔移動でき、コントラストを維持できれば良いが、通常 $10 \sim 5000 \mu\text{m}$ 、好ましくは $30 \sim 500 \mu\text{m}$ に調整される。粒子充填量は、基板間の空間体積に対して、 $10 \sim 80\%$ 、好ましくは $10 \sim 70\%$ を占める体積になるように充填するのが良い。

本発明の画像表示装置に用いる表示板においては、上記の表示素子を複数使用してマトリックス状に配置して表示を行う。白黒の場合は、一つの表示素子が一つの画素となる。白黒以外の任意の色表示をする場合は、粒子の色の組み合わせを適宜行えばよい。フルカラーの場合は、3種の表示素子、即ち、各々R（赤色）、G（緑色）及びB（青色）の色の粒子を持ちかつ各々黒色の粒子を持つ表示素子を一組とし、それらを複数組み配置して表示板とするのが好ましい。

本発明の第1発明に係る画像表示装置は、ノートパソコン、PDA、携帯電話等のモバイル機器の画像表示部、電子ブック、電子新聞等の電子ペーパー、看板、ポスター、黒板等の掲示板、電卓、家電製品、自動車用品等の画像表示部などに用いられる。

なお、上述した実施例では画像表示装置の構造上隔壁を用いない例を説明した

が、隔壁によるセル構造と併用してもよい。この場合は、セルのサイズを大きくすることができ隔壁の表示面積に対する割合を小さくできるので、より高いコントラストを得ることができる。

次に、本発明の第2発明に係る画像表示装置について説明する。

本発明の第2発明の第1実施例及び第2実施例に係る画像表示装置は、2種以上の色の異なる粒子を基板と垂直方向に移動させることによる表示方式（図11参照）と、1種の色粒子を基板と平行方向に移動させることによる表示方式（図12参照）とのいずれへも適用できるが、安定性の上から、前者の方式に適用するのが好ましい。

本発明の画像表示装置の装置構造例を図13に示す。

対向する基板101、基板102及び粒子103、また、必要に応じて設ける隔壁104により形成される。

基板101、基板102の少なくとも一方は装置外側から粒子の色が確認できる透明基板であり、可視光の透過率が高くかつ耐熱性の良い材料が好適である。可とう性の有無は用途により適宜選択され、例えば、電子ペーパー等の用途には可とう性のある材料、携帯電話、PDA、ノートパソコン類の携帯機器表示等の用途には可とう性のない材料が好適である。

基板材料を例示すると、ポリエチレンテレフタレート、ポリエーテルサルフォン、ポリエチレン、ポリカーボネートなどのポリマーシートや、ガラス、石英などの無機シートが挙げられる。

基板の厚みは、2～5000 μ m、好ましくは5～1000 μ mが好適であり、薄すぎると、強度、基板間の間隔均一性を保ちにくくなり、厚すぎると、表示機能としての鮮明さ、コントラストの低下が発生し、特に、電子ペーパー用途の場合にはフレキシビリティ性に欠ける。

基板には、必要に応じて電極を設けても良い。

基板に電極を設けない場合の表示方法は、基板外部表面に静電潜像を与え、そ

の静電潜像に応じて発生する電界にて、所定の特性に帯電した色のついた粒子を基板に引き寄せあるいは反発させることにより、静電潜像に対応して配列した粒子を透明な基板を通して表示装置外側から視認する方法である。なお、この静電潜像の形成は、電子写真感光体を用い通常の電子写真システムで行われる静電潜像を本発明の表示装置基板上に転写形成する、あるいは、イオンフローにより静電潜像を直接形成する等の方法で行うことができる。

基板に電極を設ける場合の表示方法は、電極部位への外部電圧入力により、基板上的各電極位置に生じた電界により、所定の特性に帯電した色の粒子が引き寄せあるいは反発させることにより、静電潜像に対応して配列した粒子を透明な基板を通して表示装置外側から視認する方法である。

電極は、透明かつパターン形成可能である導電性材料で形成され、例示すると、酸化インジウム、アルミニウムなどの金属類、ポリアニリン、ポリピロール、ポリチオフェンなどの導電性高分子類が挙げられ、真空蒸着、塗布などの形成手法が例示できる。なお、電極厚みは、導電性が確保でき光透過性に支障なければ良く、 $3 \sim 1000 \text{ nm}$ 、好ましくは $5 \sim 400 \text{ nm}$ が好適である。

この場合の外部電圧入力は、直流あるいは交流を重ねても良い。

本発明の第2発明の第1実施例に係る画像表示装置は、前記したように、基板の粒子が接触する面が体積抵抗 $1 \times 10^{12} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 以上の絶縁体で薄膜コーティングされて、絶縁体薄膜が設けられ、これにより粒子-壁面間の付着力を減少させることにより、粒子-壁面付着力が大きく低減し、粒子が壁面から離れやすくなることにより駆動電圧の低減が達成される。

ここで、粒子壁面付着力としては、電気影像力、分子間力、液架橋力、誘電分極力、接触帯電付着力、粒子変形による付着などが挙げられるが、特に乾式ディスプレイに用いるような粒子においては電気影像力が大きな付着因子となっている。

本発明において、コーティングする絶縁体としては、例えば、フッ素樹脂、ア

クリル樹脂、シリコーン樹脂、ポリカーボネート樹脂などの低誘電率高分子樹脂、 SiO_2 、金属酸化物などの無機物質、シリカ微粒子などの透明フィラー、あるいはそれらをブレンドしたものが挙げられ、液架橋力、分子間力なども考慮した場合、フッ素樹脂、 SiO_2 などが特に好ましい。

本発明において、絶縁体の体積抵抗 $1 \times 10^{12} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 以上であり、 $1 \times 10^{14} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 以上であることが好ましい。

コーティングされた絶縁体薄膜の厚みは、 $5 \mu\text{m}$ 以下であると好ましく、 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ であるとさらに好ましい。

絶縁体薄膜が $5 \mu\text{m}$ を超えて厚すぎると電気映像力の減少はあるものの、絶縁体コーティングを施さないような状態で同じ電圧を印加した時と比べて電界が減少することがあり、粒子を動かすクーロン力が減少してしまうためである。この現象はコーティング厚みが $5 \mu\text{m}$ 以下になるとほとんど無視できる。

絶縁体薄膜が $0.1 \mu\text{m}$ 未満と薄すぎると電気映像力の低減が不十分になってしまうことがある。

絶縁体のコーティング方法は、印刷方式、ディッピング方式、静電塗装方式、スパッタ方式、蒸着方式、ロールコート法、プラズマ処理などが挙げられるが、これに限定されるものではない。

基板をコーティングする絶縁体としては、電荷減衰の遅い、具体的には次の測定に合致する樹脂を選択することが好ましい。

具体的には、基板にコーティングする絶縁体を実際コーティングするものと同様の厚みをもったフィルム状にして、そのフィルム表面と 1 mm の間隔をもって配置されたコロナ放電器に、 8 kV の電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、 0.3 秒後における表面電位の最大値が 300 V より大きい、好ましくは 400 V より大きい樹脂を、コートする樹脂として選択すると良い。これは、粒子の電荷が基板を介して減衰してしまうことを防止するためである。

なお、上記表面電位の測定は、例えば図10にすでに示した装置（QEA社製CRT2000）により行なうことが出来る。この装置の場合は、前述したフィルムを表面に配置したロールシャフト両端部をチャック51にて保持し、小型のスコトロロン放電器52と表面電位計53とを所定間隔離して併設した計測ユニットを上記ロールシャフト上に配置したフィルムの表面と1mmの間隔を持って対向配置し、上記ロールシャフトを静止した状態のまま、上記計測ユニットをロールシャフトの一端から他端まで一定速度で移動させることにより、表面電荷を与えつつその表面電位を測定する方法が好適に採用される。測定環境は温度 $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\text{RH}\%$ とする。

また、コーティングする絶縁体の、下記関係式で表される樹脂の溶剤不溶率が50%以上であると好ましく、70%以上であるとさらに好ましい。

$$\text{溶剤不溶率}(\%) = (B/A) \times 100$$

（ただし、Aは樹脂の溶剤浸漬前重量を示し、Bは良溶媒中に樹脂を 25°C で24時間浸漬後重量を示す）

この溶剤不溶率が50%未満では、長期保存時に基板表面にブリードが発生し、粒子間の付着力に影響を及ぼし粒子の移動の妨げとなり、画像表示耐久性に支障をきたす場合がある。

なお、この溶剤不溶率を測定するための絶縁体に対する溶剤（良溶媒）としては、フッ素樹脂に対してはメチルエチルケトン等、ポリアミド樹脂に対してはメタノール等、アクリルウレタン樹脂に対してはメチルエチルケトン、トルエン等、メラミン樹脂に対してはアセトン、イソプロパノール等、及びシリコーン樹脂に対してはトルエン等が好ましい。

本発明の第2発明の第2実施例に係る画像表示装置では、粒子が接触する基板面の算術平均粗さ(Ra)及び凹凸平均間隔(Sm)がそれぞれ下記式(I),(II)を満足することを必須とする。

$$d(0.5)/10 \geq Ra \geq d(0.5)/200 \quad \dots (I)$$

$$d(0.5)/10 \geq S_m \geq d(0.5)/1000 \quad \dots (II)$$

ここで、 $d(0.5)$ は粒子の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいという粒子径を μm で表した数値を表す。

R_a 及び S_m が上記式を満足する場合には、粒子の基板壁面に対する付着力が減少する。ここで、粒子の基板壁面に対する付着力は電気影像力・分子間力・液架橋力・誘電分極力・接触帯電付着力・粒子変形による付着などの総合的な力であるが、特に乾式画像表示装置に用いるような、 $d(0.5)$ が $0.1 \sim 50 \mu m$ 程度の範囲である場合には、分子間力が大きな付着因子となる。すなわち、 R_a 及び S_m を特定の範囲に制御することにより、粒子-壁面間の接触面積が格段に減少し、粒子-壁面付着力が大きく低減し、粒子が壁面から離れやすくなることにより駆動電圧の低減が達成される。

ここで、 R_a は $d(0.5)/10 \geq R_a \geq d(0.5)/200$ を満足することを必須とするが、この範囲より R_a が大きくなると粒子の変形が生じやすくなったり、基板の山の角が粒子に突き刺さってしまうという現象が生じる。また、この範囲より R_a が小さいと粒子と基板の谷の部分が接触する可能性が生じ、十分な分子間力の低減が得られない。以上の観点から、好ましくは $d(0.5)/20 \geq R_a \geq d(0.5)/100$ を満足することが好ましい。

また、 S_m は $d(0.5)/10 \geq S_m \geq d(0.5)/1000$ を満足することを必須とするが、この範囲より S_m が大きいと粒子と壁面の接触面積が逆に大きくなり分子間力の低減が得られない。また、この範囲より S_m が小さいと粒子と基板の接触点が増えてしまい、十分な分子間力の低減が得られない。以上の観点から、好ましくは $d(0.5)/20 \geq S_m \geq d(0.5)/500$ を満足することが好ましい。

上記 R_a 、 S_m を上述の範囲にコントロールするためには、基板に粗さを付与する必要があるが、その方法は特に限定されないが、印刷方式、ディッピング方式、静電塗装方式、スパッタ方式、蒸着方式、ロールコータ法、プラズマ処理などに

よるコーティング、レーザー照射によるエッジングなどが挙げられる。

本発明の画像表示装置は、必要に応じて、対向する基板をつなぐ隔壁を形成し、表示部を複数の表示セルから形成しても良い。

隔壁の形状は、表示用の粒子のサイズにより適宜最適設定され、限定されないが、隔壁の幅は $10 \sim 1000 \mu\text{m}$ 、好ましくは $10 \sim 500 \mu\text{m}$ に、隔壁の高さは $10 \sim 5000 \mu\text{m}$ 、好ましくは $10 \sim 500 \mu\text{m}$ に調整される。

また、隔壁を形成するにあたり、対向する両基板の各々にリブを形成した後に接合する両リブ法、片側の基板上にのみリブを形成する片リブ法が考えられるが、本発明では、接合時のずれを防止する狙いから、片リブ法による隔壁形成が好ましい。

これらリブからなる隔壁により形成される表示セルは、図14に示すごとく、基板平面方向からみて四角状、三角状、ライン状、円形状が例示される。

表示側から見える隔壁断面部分に相当する部分（表示セルの枠部の面積）はできるだけ小さくした方が良く、画像表示の鮮明さが増す。

隔壁の形成方法としては、スクリーン印刷法、サンドブラスト法、感光体ペースト法、アディティブ法が挙げられる。

スクリーン印刷法では、以下のようなプロセスにて隔壁が形成される（図15参照）。

- (1) 隔壁材料となるペーストを作製する。
- (2) 隔壁パターンを印刷できるステンレスメッシュ、ポリエステルメッシュなどからなる製版を準備する
- (3) 片側の基板（必要に応じて、前述した電極パターンを形成した基板）の上に、製版を介して、ペーストを塗布転写する。
- (4) 加熱などにより硬化させる。
- (5) (3) ～ (4) を、所定の厚み（隔壁の高さに相当）になるまで繰り返し、所望とする隔壁形状を形成する。

(3) の製版は、所定の隔壁パターンを印刷できればいずれでも良いが、例えば、高テンションを確保するためにメッキ処理したメッシュ、高張力材料メッシュなどの金属メッシュ、ポリエステルメッシュ、テトロンメッシュなどの化学繊維メッシュ、あるいは、版枠と印刷エリアの間にポリエステルメッシュを接合したコンビネーションタイプメッシュなどを用いることができる。

スクリーン印刷は、通常のスクリーン印刷機を用いることができ、前記製版を介して、ペーストをスキージ、スクレーパーを使い、基板上に転写させる。この場合、スキージのアタック角度は $10 \sim 30$ 度、好ましくは $15 \sim 25$ 度、スキージ速度は $5 \sim 500 \text{ mm/sec}$ 、好ましくは $20 \sim 100 \text{ mm/sec}$ 、スキージ印圧は $0.1 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ 、好ましくは $0.5 \sim 3 \text{ kg/cm}^2$ とすることが好ましい。

サンドブラスト法では、以下のようなプロセスにて隔壁が形成される（図16参照）。

- (1) 隔壁材料となるペーストを作製する。
- (2) 片側の基板（必要に応じて、前述した電極パターンを形成した基板）の上に、ペーストを塗布し、乾燥硬化させる。
- (3) その上に、ドライフィルムフォトリソを貼りつける。
- (4) 露光、エッチングで隔壁となるパターン部分のみを残す。
- (5) レジストが除去されたパターン部分を、サンドブラストにより、所定のリブ形状となるまでエッチングする。

なお、サンドブラストする場合、留意すべきことは、研磨材に加えるエア圧力と研磨材の噴射量のバランスを調整して、サンドブラスト装置ノズルから噴射される研磨材の直進性をできるだけ確保することであり、これにより、研磨材の余分な拡散が少なくなるために、形成される隔壁の最終形状がきれいになる（特に隔壁のサイドエッジが少なくなる）。

また、サンドブラストに用いる研磨材は、ガラスビーズ、タルク、炭酸カルシ

ウム、金属粉体などをも用いることができる。

感光体ペースト法では、以下のようなプロセスにて隔壁が形成される（図 1 7 参照）。

（１）感光性樹脂を含む感光性ペーストを作製する。

（２）片側の基板（必要に応じて、前述した電極パターンを形成した基板）の上に、感光性ペーストを塗布する。

（３）フォトマスクを用いて、隔壁に相当する部位にのみ露光し、感光ペーストを硬化させる（必要に応じて、所望の隔壁高さになるまで（２）及び（３）を繰り返す）。

（４）現像して、非硬化部分を取り除く。

（５）必要に応じて、硬化部分を焼成する

なお、感光性ペーストは、少なくとも無機粉体、感光性樹脂、光開始剤を含み、その他成分として溶剤、樹脂、添加剤からなると良い。

アディティブ法では、以下のようなプロセスにて隔壁が形成される（図 1 8 参照）。

（１）基板上にフォトレジストフィルムを貼り付ける。

（２）露光エッチングにより、形成させたい隔壁と隔壁の間になる部分のみにフォトレジストフィルムを残す。

（３）隔壁材料となるペーストを作製し、硬化させる。

（４）フォトレジストフィルムを取り除き、所定の隔壁形状を形成する。

次に、隔壁用のペーストについて述べる。

ペーストは、少なくとも無機粉体、樹脂を含み、その他成分として溶剤、添加剤等からなる。

ペースト中の無機粉体としては、セラミック粉体やガラス粉体を使用し、１種あるいは２種以上を組み合わせ使用する。

セラミック粉体を例示すると、 ZrO_2 、 Al_2O_3 、 CuO 、 MgO 、 TiO_2 、 ZnO_2 などの酸

化物系セラミック、SiC、AlN、Si₃O₄などの非酸化物系セラミックが挙げられる。

ガラス粉体を例示すると、原料となる SiO₂、Al₂O₃、B₂O₃、Bi₂O₃、ZnO を熔融、冷却、粉碎したものが挙げられる。なお、ガラス粉体のガラス転移点 T_g は 300～500℃にあることが好ましく、この範囲だと焼成プロセスでの低温化がはかられるので、樹脂へのダメージが少ないメリットがある。

下記式で示される前記無機粉体の粒子径分布 Span が 8 以下、好ましくは 5 以下であることが必要である。

$$\text{Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$

(ただし、d(0.5) は粒子の 50% がこれより大きく、50% がこれより小さいという粒子径を μm で表した数値、d(0.1) はこれ以下の粒子の比率が 10% である粒子径を μm で表した数値、d(0.9) はこれ以下の粒子が 90% である粒子径を μm で表した数値とする。)

Span を 8 以下とすることにより、ペースト中の無機粒子のサイズが揃い、先に述べたペーストを塗布～硬化するプロセスを繰り返し積層しても、精度良い隔壁形成を行うことができる。

さらに、ペースト中の無機粒子の平均粒子径について、d(0.5) を 0.1～20 μm 、好ましくは 0.3～10 μm とすることが好ましい。この範囲にすることにより、繰り返し積層時に精度良い隔壁形成を行うことができる。

なお、前記粒子径分布及び粒子径は、レーザー回折／散乱法などから求めることができる。測定対象となる粒子にレーザー光を照射すると空間的に回折／散乱光の光強度分布パターンが生じ、この光強度パターンは粒子径と対応関係があることから、粒子径及び粒子径分布が測定できる。この粒子径及び粒子径分布は、体積基準分布から得られたものである。具体的には、Mastersizer2000 (Malvern Instruments Ltd.) 測定機を用いて、窒素気流中に粒子を投入し、付属の解析ソフト (Mail 理論を用いた体積基準分布を基本としたソフト) にて、測定を行うことができる。

ペースト中の樹脂としては、無機粉体を含有でき、所定の隔壁形状を形成できればいずれでも良く、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、反応性樹脂が挙げられるが、要求される隔壁物性を考慮し、分子量、ガラス転移点ができるだけ高い方が良く、例示すると、アクリル系、スチレン系、エポキシ系、フェノール系、ウレタン系、ポリエステル系、尿素系などが挙げられ、特に、アクリル系、エポキシ系、ウレタン系、ポリエステル系が好適である。

また、溶媒としては、前述した無機粉体、樹脂を相溶すればいずれでも良く、例示すると、フタル酸エステル、トルエン、キシレン、ベンゼンなどの芳香族溶剤、オキシアルコール、ヘキサノール、オクタノールなどのアルコール系溶剤、酢酸エステルなどのエステル系溶剤が挙げられ、通常、無機粉体100重量部に対して0.1～50重量部が添加される。

その他、必要に応じて、染料、重合禁止剤、可塑剤、増粘剤、分散剤、酸化防止剤、硬化剤、硬化促進剤、沈降防止剤をペーストに加えても良い。

これらから成るペースト材料は、所望の組成にて、混練機、攪拌機、3本ローラなどにて分散調合され、作業性を加味すると、粘度を500～300000cpsとすることが好ましい。

次に、本発明の第2発明に係る画像表示装置で使用する画像表示用粒子(以下、粒子とも言う)について述べる。

粒子の作製は、必要な樹脂、帯電制御剤、着色剤、その他添加剤を混練り粉碎しても、モノマーから重合しても、あるいは既存の粒子を樹脂、帯電制御剤、着色剤、その他添加剤でコーティングしても良い。

以下に、樹脂、帯電制御剤、着色剤、その他添加剤を例示する。

樹脂の例としては、ウレタン樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、ウレタン変性アクリル樹脂、シリコーン樹脂、ナイロン樹脂、エポキシ樹脂、スチレン樹脂、ブチラル樹脂、塩化ビニリデン樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、フッ素樹脂などが挙げられ、2種以上混合することもでき、特に、基板との付着

力を制御する上から、ポリエステル樹脂、アクリルウレタン樹脂、アタリルウレタンシリコーン樹脂、アクリルウレタンフッ素樹脂、ウレタン樹脂、フッ素樹脂が好適である。

帯電制御剤の例としては、正電荷付与の場合には、4級アンモニウム塩系化合物、ニグロシン染料、トリフェニルメタン系化合物、イミダゾール誘導体などが挙げられ、負電荷付与の場合には、含金属アゾ染料、サリチル酸金属錯体、ニトロイミダゾール誘導体などが挙げられる。

着色剤の例としては、塩基性、酸性などの染料が挙げられ、ニグロシン、メチレンブルー、キノリンイエロー、ローズベンガルなどが例示される。

無機系添加剤の例としては、酸化チタン、亜鉛華、硫化亜鉛、酸化アンチモン、炭酸カルシウム、鉛白、タルク、シリカ、ケイ酸カルシウム、アルミナホワイト、カドミウムイエロー、カドミウムレッド、カドミウムオレンジ、チタンイエロー、紺青、群青、コバルトブルー、コバルトグリーン、コバルトバイオレット、酸化鉄、カーボンブラック、マンガnfエライトブラック、コバルトフェライトブラック、銅粉、アルミニウム粉などが挙げられる。

また、粒子を構成する樹脂の吸水率、溶剤不溶率を管理することにより、粒子の繰り返し耐久性が向上する。

粒子を構成する樹脂の水率は、通常3%以下、好ましくは2%以下とするのが良い。なお、吸水率の測定は、ASTM D570 に準ずるものとする。測定条件は、23℃、24時間である。

また、粒子の溶剤不溶率が50%以上であると好ましく、70%以上であるとさらに好ましい。

$$\text{溶剤不溶率 (\%)} = (B / A) \times 100$$

(ただし、Aは樹脂の溶剤浸漬前重量を示し、Bは良溶媒中に樹脂を25℃で24時間浸漬後重量を示す)

この溶剤不溶率が50%未満では、長期保存時に粒子表面にブリードが発生し、

粒子間の付着力に影響を及ぼし粒子の移動の妨げとなり、画像表示耐久性に支障をきたす場合がある。

なお、この溶剤不溶率を測定するための粒子に対する溶剤（良溶媒）としては、フッ素樹脂に対してはメチルエチルケトン等、ポリアミド樹脂に対してはメタノール等、アクリルウレタン樹脂に対してはメチルエチルケトン、トルエン等、メラミン樹脂に対してはアセトン、イソプロパノール等、及びシリコーン樹脂に対してはトルエン等が好ましい。

本発明の画像表示装置で使用する粒子は球形であることが好ましい。

本発明で使用する粒子の粒子径分布 Span は 5 未満であると好ましく、3 未満であるとさらに好ましい。

$$\text{Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$

（ただし、 $d(0.5)$ は粒子の 50 % がこれより大きく、50 % がこれより小さいという粒子径を μm で表した数値、 $d(0.1)$ はこれ以下の粒子の比率が 10 % である粒子径を μm で表した数値、 $d(0.9)$ はこれ以下の粒子が 90 % である粒子径を μm で表した数値とする。）

Span を 5 未満に納めることにより、各粒子のサイズが揃い、均一な粒子移動が可能となる。

また、画像表示に用いる粒子の平均粒子径について、 $d(0.5)$ を 0.1 ~ 5.0 μm とすると好ましい。この範囲より大きいと表示上の鮮明さに欠けることがあり、この範囲より小さいと粒子同士の凝集力が大きすぎるために粒子の移動に支障をきたすことがある。

さらに、各粒子の相関について、使用した粒子のうち、最大径を有する粒子の $d(0.5)$ に対する、最小径を有する粒子の $d(0.5)$ の比を 50 以下、好ましくは 10 以下とすると好ましい。たとえ粒子径分布 Span を小さくしたとしても、互いに帯電特性の異なる粒子が互いに反対方向に動くので、互いの粒子サイズが近く、互いの粒子が等量づつ反対方向に容易に移動できるようにするのが好適であるか

らである。

なお、前記粒子径分布及び粒子径は、前述した無機粉体と同様にして測定できる。

また、本発明の画像表示装置は、基板間の粒子を取り巻く空隙部分の気体を管理することにより、表示安定性向上に寄与する。具体的には、空隙部分の気体の湿度について、25℃における相対湿度を60%RH以下にすると好ましく、50%RH以下にするとさらに好ましく、35%RH以下にすると特に好ましい。

空隙部分とは、図13の画像表示装置において、対向する基板101、基板102に挟まれる部分から、粒子103の占有部分、隔壁104の占有部分、装置シール部分を除いた、いわゆる粒子が接する気体部分を言う。

気体は、先に述べた湿度領域であれば、その種類は限定されず、乾燥空気、乾燥窒素、乾燥アルゴン、乾燥ヘリウム、乾燥二酸化炭素、乾燥メタンなどが好適である。

気体は、その湿度が保持されるように装置に封入することが必要であり、例えば、粒子の充填、基板の組立てなどを所定湿度環境下にて行い、さらに、外からの湿度侵入を防ぐシール材、シール方法を施すことが好ましい。

なお、本発明の画像表示装置は、ノートパソコン、PDA、携帯電話などのモバイル機器の表示部、電子ブック、電子新聞などの電子ペーパー、看板、ポスター、黒板などの掲示板、コピー機、プリンター用紙代替のリライタブルペーパー、電卓、家電製品の表示部、ポイントカードなどのカード表示部などに用いられる。

次に、本発明の第3発明に係る画像表示装置を説明する。

図19は本発明の第3発明に係る画像表示装置を構成する画像表示板の画像表示素子の一例とその表示駆動原理を示す図である。図19(a)～(c)に示す例において、201は透明基板、202は対向基板、203は表示電極（透明電極）、204は対向電極、205は負帯電性粒子、206は正帯電性粒子、207は隔壁である。

図19 (a) は対向する基板（透明基板201と対向基板202）の間に負帯電性粒子205及び正帯電性粒子206を配置した状態を示す。この状態のものに、表示電極203側が低電位、対向電極204側が高電位となるように電圧を印加すると、図19 (b) に示すように、クーロン力などによって、正帯電性粒子206は表示電極203側飛翔移動し、負帯電性粒子205は対向電極204側に飛翔移動する。この場合、透明基板201側から見る表示面は正帯電性粒子206の色に見える。次に、電位を切り換えて、表示電極203側が高電位、対向電極204側が低電位となるように電圧を印加すると、図19 (c) に示すように、クーロン力などによって、負帯電性粒子205は表示電極203側に飛翔移動し、正帯電性粒子206は対向電極204側に飛翔移動する。この場合、透明基板201側から見る表示面は負帯電性粒子205の色に見える。

図19 (b) と図19 (c) の間は電源の電位を反転するだけで繰り返し表示することができ、このように電源の電位を反転することで可逆的に色を変化させることができる。粒子の色は、随意に選定できる。例えば、負帯電性粒子205を白色とし、正帯電性粒子206を黒色とするか、負帯電性粒子205を黒色とし、正帯電性粒子206を白色とすると、表示は白色と黒色間の可逆表示となる。この方式では、各粒子は一度電極に鏡像力により貼り付いた状態にあるので、電源を切った後も表示画像は長期に保持され、メモリ保持性が良い。

本発明では、各帯電粒子は気体中を飛翔するため、画像表示の応答速度が速く、応答速度を1msec以下にすることができる。また、液晶表示素子のように配向膜や偏光板等が不要で、構造が単純で、低コストかつ大面積が可能である。温度変化に対しても安定で、低温から高温まで使用可能である。さらに、視野角がなく、高反射率、反射型で明るいところでも見易く、低消費電力である。メモリ性もあり、画像保持する場合に電力を消費しない。

本発明の第3発明に係る画像表示装置は、上記画像表示素子がマトリックス状に配置された画像表示板から構成される。図20 (a)、(b) にその模式図の一

例を示す。この例では説明の都合上 3×3 のマトリックスを示す。各電極の数を n 個とすることで、任意の $n \times n$ のマトリックスを構成することができる。

図20(a)、(b)に示す例において、ほぼ平行に配置した表示電極(走査電極)203-1~203-3と同じくほぼ平行に配置した対向電極(データ電極)204-1~204-3とは、互いにほぼ直交した状態で、透明基板201上および対向基板202上に設けられている。表示電極203-1~203-3のそれぞれには、ロウドライバ回路208が接続されている。同様に、対向電極204-1~204-3のそれぞれには、カラムドライバ回路209を介してフレームバッファ210が接続されている。各カラムドライバ回路209は、図20(b)に示すように、電圧発生回路211、電流/電圧変換回路212、反転電流検出器213、積分器214、比較器215を具備して成る。このカラムドライバ回路209は、電極間に印加する階調電圧の電圧値を調整する、単純な構造かつ安価な調整回路となる。

表示電極側に接続されロウドライバ回路208は、表示電極203-1~203-3を順次走査するための走査信号を発生する機能を有している。また、対向電極側に接続されたフレームバッファ210は、選択された対向電極上の階調指示電圧をカラムドライバ回路209に出力する機能を有しており、カラムドライバ回路209は、入力された階調指示電圧に対応する階調電圧を当該対向電極に出力する機能および後に詳述する飛翔移動電流補正機能を有している。これらロウドライバ回路208、カラムドライバ回路209、フレームバッファ210の全体がマトリックスドライブ回路を構成する。なお、本例では、隔壁207によりお互いを隔離して 3×3 個の画像表示素子を構成しているが、この隔壁207は必須ではなく、省くこともできる。

上述した表示電極203-1~203-3と対向電極204-1~204-3とからなるマトリックス電極に対する駆動制御では、表示しようとする画像に応じて、図示しないシーケンサの制御によりロウドライバ回路208、カラムドラ

イバ回路209およびフレームバッファ210の動作を制御して、 3×3 個の画像表示素子を順に表示させる動作が実行される。この動作は、基本的には、従来から知られているものとほぼ同一の画像表示動作であるが、本発明では、この動作に加えて、後に詳細に説明する、中間調表示（階調表示）のための動作を行う。

マトリックス電極を構成する各電極は、透明基板上に設ける表示電極の場合には、透明かつパターン形成可能である導電材料で形成される。このような導電材料としては、アルミニウム、銀、ニッケル、銅、金等の金属やITO、導電性酸化スズ、導電性酸化亜鉛等の透明導電金属酸化物をスパッタリング法、真空蒸着法、CVD法、塗布法等で薄膜状に形成したもの、あるいは、導電剤を溶媒あるいは合成樹脂バインダーに混合して塗布したものが用いられる。

導電剤としては、ベンジルトリメチルアンモニウムクロライド、テトラブチルアンモニウムパークロレート等のカチオン性高分子電解質、ポリスチレンスルホン酸塩、ポリアクリル酸塩等のアニオン性高分子電解質や導電性の酸化亜鉛、酸化スズ、酸化インジウム微粉末等が用いられる。なお、電極の厚みは、導電性が確保でき光透過性に支障がなければどのような厚さでも良いが、 $3 \sim 1000 \text{ nm}$ 、好ましくは $5 \sim 400 \text{ nm}$ が好適である。対向基板上には、上記表示電極と同様に透明電極材料を使用することもできるが、アルミニウム、銀、ニッケル、銅、金等の非透明電極材料も使用できる。

各電極には、帯電した粒子の電荷が逃げないように絶縁性のコート層を形成することが好ましい。コート層は、負帯電性粒子に対しては正帯電性の樹脂を、正帯電性粒子に対しては負帯電性の樹脂を用いると、粒子の電荷が逃げ難いので特に好ましい。

本発明の第3発明に係る画像表示装置を構成する基板、粒子、隔壁については上述した第1発明及び第2発明の説明と同じであるため、ここでは省略する。

以下、この構成の第3発明に係る画像表示装置における画像書き込み方法及び画像読み出し方法について、順に説明する。まず、画像書き込み方法の一例は以

下の通りである。

まず、本発明の画像表示装置において実行される中間調表示（階調表示）動作およびその動作に用いる階調指示電圧について説明する。本実施形態の画像表示装置においては、粒子が表示電極 203 および対向電極 204 間を飛翔移動する際に飛翔移動電流が流れることに着目して、実際に飛翔移動した粒子の総電荷量に対応する飛翔移動電流の積分値が求まれば、この積分値を予め測定しておいた粒子の平均電荷量と比較することによりどれだけの量の粒子が移動したかが求まり、この移動した粒子の量を当該電極面積で除算することにより単位面積当たりの粒子密度が求まるので、この粒子密度に基づく光学計算により表示濃度が求まる。なお、表示濃度は、光学計算ではなく実測して求めてもよい。

上記に鑑み、本発明の第 3 発明に係る画像表示装置では、実際に使用する電極面積における表示濃度と飛翔移動電流の積分値との関係を予めマップ化したデータを図 20（b）に示すフレームバッファ 210 内に格納しておく。このマップ化したデータとしては、粒子の飛翔移動の際に発生する飛翔移動電流の積分値が目標とする階調レベルの表示濃度に対応する値となるように予め設定された階調指示電圧データを用いるものとする。

したがって、本実施形態の画像表示装置において中間調表示を行う際には、フレームバッファ 210 からカラムドライバ回路 209 の電圧発生回路 211 に、表示しようとする画素の階調レベルに対応する階調指示電圧を出力し、この階調指示電圧に応じて電圧発生回路 211 で階調電圧を発生させ、この階調電圧を電流／電圧変換回路 212 で電流に変換したものを当該電極に出力することにより、飛翔移動電流の積分値が目標とする階調レベルに対応する表示濃度値となるようにしたから、所望の中間調濃度を再現性良く表示することが可能になる。

また、その際、図 20（b）に示すカラムドライバ回路 209 内では、電流／電圧変換回路 212 から出力される飛翔移動電流を反転電流検出器 213 で検出した後に積分器 214 で積分し、得られた積分値を、比較器 215 でフレームバ

ッファ 210 から入力される階調指示電圧と比較するフィードバック制御を行うから、飛翔移動電流の積分値と前記階調レベルに対応する階調指示電圧との間のずれが補正されることになり、画素表示時の再現性がさらに向上する。

次に、本発明の第3発明に係る画像表示装置において実行される、中間調表示（階調表示）における飛翔移動電流の補正方法について、図21(a), (b)を用いて説明する。

図21(a), (b)はそれぞれ、本発明の第3発明に係る画像表示装置において中間調表示を行う際の飛翔移動電流の補正方法を説明するための図である。本実施形態では、画像表示装置の画像表示板の電極間に電圧を印加したときには、粒子の飛翔移動に伴い流れる飛翔移動電流のみならず、電極間の静電容量を充電する充電電流も流れることを考慮して、まず、電極間に電圧を印加したときに流れる電流を単純に観測し、それにより上記飛翔移動電流および上記充電電流の和である観測電流を得る。

上記充電電流は、電極間距離や電極間に充填した気体や粒子の誘電率等を用いた演算により予め求まるので、このような演算値を用いて観測電流値から飛翔移動電流波形を求めるようにしてもよいが、このような演算値をそのまま用いると、パネル面内のセルギャップのばらつき等により充電電流波形自体にばらつきが生じている等の場合には、表示濃度のばらつきを補正することができない。

そこで、本実施形態では、表示対象とする画素またはその画素に隣接する画素に対し、図21(a)に示すように粒子が飛翔移動するしきい値電圧未満の電圧Aを印加した場合に発生する充電電流である第1の電流波形（図21(b)の左側の電流波形）および前記しきい値電圧以上の電圧Bを印加した場合に発生する観測電流である第2の電流波形（図21(b)の右側の電流波形）を観測し、上記充電電流波形に基づいて上記観測電流波形を補正する。具体的には、上記電圧Bとして実際に表示する所望の中間調に対応する印加電圧を用いて、（飛翔移動電流）＝（観測電流）－（充電電流×B/A）の演算を行うことにより、補正し

た飛翔移動電流を求める。この場合、粒子飛翔移動電流の積分値に基づいて補正が行われることになる。

したがって、本発明の画像表示装置において中間調表示を行う際には、飛翔移動電流の演算に用いる電流波形が最適化されるので、表示濃度のばらつきが補正されることになる。

なお、上述した例では、電極間に印加する電圧の電圧値を調整することにより中間調表示を実現するようにしているが、この電圧値の調整に代えて、あるいはこの電圧値の調整に加えて、電極間に印加する電圧の波形、印加時間、印加回数の何れか1つまたは2つ以上の調整を行うようにしてもよい。

次に、以上の様にして形成された画像を読み出す本発明の最大の特徴について説明する。図22は本発明の画像表示装置における画像表示状態の読み出しを説明するための図である。なお、図22に示す例では、上述した書き込みの例とは異なり、 $n \times n$ のマトリックスの例を示している。図22に示す例において、231はカラムドライバ回路、232は電圧発生回路、233は電流－電圧変換回路、234は反転電流検出器、235は積分器、236はA/D変換回路、237はロウドライバ回路、238はフレームバッファ、239は走査電極、240はデータ電極である。走査電極239とデータ電極240の構成は、上述した書き込みの例と対応している。

図22に示すようにマトリックス電極を構成し、データ電極240はカラムドライバ回路231に加えて飛翔移動電流を検出するための電流－電圧変換回路233に接続されている。検出された飛翔移動電流は積分器235で積分され、A/D変換回路236でデジタル値に変換されて図示しないCPUに送られる。本例では、一例として、図20(a)に示すように隔壁207で画成された各画素領域に白・黒粒子を封入し、すでに画像形成過程により画像が形成済みであり、表示メモリ性によって形成された画像を保持している。そのような状態の本発明の画像表示装置において、表示画像情報を読み出す手順は以下の通りである。

まず、黒べた（全面黒）画像を書き込む。パッシブマトリックス駆動法は従来と同じで構成できる。このとき、各画素を形成する際にカラムドライバ回路231からデータ電極210に注入した電流を積分した値を、ロウドライバ回路237が各走査電極を走査するタイミング（クロック）に併せてA/D変換回路236でA/D変換することによりデジタル化し、これを一画面分走査電極239が走査される間繰り返す。この書き込み操作の際、各画素に黒を書き込んだとき流れた飛翔移動電流の積分値は各画素の「黒くなさ」すなわち「白さ」に対応しており、従って、デジタル値として各画素ごとの表示濃度を画面全体にわたり読み出すことが可能となる。

さらに、白べた（全面白）画像について上記同様の操作を行えば、「白くなさ」すなわち各画素の「黒さ」を読み出すことができる。原理的には白べた画像もしくは黒べた画像どちらか一方の書き込みで表示画面状態を読み出すことが可能であるが、両画像について同様な手順を行い、得られた値を比較することにより読み出しデータを補正することで、より再現性の高い表示画像状態読み出しの手法を実現することができる。なお、これら読み出し操作により表示画像は黒べたまたは白べたとなるので、必要に応じて、先に読み出された表示画像状態に基づいて画像形成を行う。

なお、上述した書き込みの時と同様に、以下の態様を考慮することが好ましい。まず、上述した読み出し操作により変化が生じてしまった表示画像状態は、読み出された情報をもとに再び書き込みことにより復元することができる。この際、必ずしも読み出された表示画像状態と同じ状態に書き戻す必要はなく、例えば、表示画像状態が経時的に劣化していくことがあらかじめ分かっているならば、これを補正した表示画像状態に書き戻してもよい。

また、画像表示板の電極間に電圧を印加した際に流れる電流は、粒子の飛翔移動に伴い流れる飛翔電流のみではなく、電極間の静電容量を充電する充電電流も流れる。よって電極に電圧を印加した際に流れる電流を単純に観測すると飛翔移

動電流と充電電流の和が得られる。充電電流の波形は、電極間距離や電極間に充填した気体や粒子の誘電率などを用いてあらかじめ計算できるので、この計算値を用いて観測された電流値から飛翔移動電流波形を算出してもよい。

しかし、パネル面内のセルギャップのばらつきなどにより充電電流波形そのものにばらつきが生じている場合などは、この方法では表示濃度のばらつきを完全に補正することができない。これを改善するために、対象とする画素そのもの、もしくは対象とする画素に隣接した画素に対して、粒子飛翔が起こるしきい値以下の電圧を印加し、このときに流れる電流を充電電流とみなし、 $(\text{測定電流}) - A \times (\text{充電電流}) = (\text{飛翔移動電流})$ （ここで、Aは充電電流のみを観測するとき用いた印加電圧と実際に中間調表示を行う際に用いる印加電圧の比）の式から飛翔移動電流を算出する方法が考えられる。

以上詳細に説明した本発明の第3発明に係る画像表示装置では、各画素に中間調の濃度の表示をさせるとともに、その中間調の濃度を読み取るメモリ性を有している。これにより、例えば0～255の中間調を表示可能に構成すれば、各画素を1バイトのメモリとして機能させることができる。また、上述した例では画像表示装置がメモリ性を有するものとして説明したが、メモリ性のみを利用して情報規則装置を構成することもできる。その場合は、透明基板を使用する必要はない。

以下、本発明の第1発明及び第2発明に係る画像表示装置について、実際の実施例を示して本発明をさらに具体的に説明するが、本発明は以下の実施例により限定されるものではない。

<実験例1（第1発明の第1実施例）>

上述した構成を有する本発明の第1発明の第1実施例に係る画像表示装置において、粒子の最大平均粒子径Rと、微小凹部および／または微小凸部との関係を調べるため、以下の表1に示す形状および配置状態の微小凹部を、一方の電極に、以下の表1に示す平均幅W、平均高さ（深さ）H、平均間隔Iで配置するとともに

に、基板の間隔Dと粒子の最大平均粒子径Rを以下の表1のように調整した実施例1～6の画像表示装置を準備した。準備した実施例1～6の画像表示装置に対し、評価は、4 (kV/mm) の矩形波を、1 (Hz) で10秒印加した後、10 (Hz) で30秒印加し、その後1 (Hz) で反転を行いながら粒子凝集による画像劣化の程度を目視で判断して評価を行った。なお、表1において、◎は画像劣化が全く認められなかったものを、○は殆ど画像劣化が認められなかったものを、△は一部に画像劣化は認められるが、実用上問題ないものを示す。結果を表1に示す。

表 1

No.	形状	配置	平均幅W [μ m]	平均高さ(深さ)H [μ m]	平均間隔I [μ m]	基板間隔D [μ m]	最大平均粒径R [μ m]	W/R	H/R	I/R	評価結果
実施例 1	円	格子	150	50	150	200	20	7.5	2.50	8	◎
実施例 2	円	格子	50	50	150	200	20	2.5	2.50	8	○
実施例 3	円	格子	40	50	150	200	20	2.0	2.50	8	△
実施例 4	円	格子	150	40	150	200	20	7.5	2.00	8	△
実施例 5	円	格子	150	50	500	200	20	7.5	2.50	25	◎
実施例 6	円	格子	150	50	1000	200	20	7.5	2.50	50	○

表1の結果から、求めた評価結果と、 W/R 、 H/R 、 I/R との関係を検討したところ、 W/R は2を超えることが、 H/R は2を超えることが、 I/R は50未満であることが、本発明において好ましいことがわかった。

なお、上述した実施例では、電極を基板上に設けた例を示しているが、本発明を達成するためには、電界を発生するための電極が存在しさえすれば電極は基板上に必ずしも存在する必要はなく、電極を基板とは離して設けることもできる。

<実験例2（第1発明の第2実施例）>

上述した構成を有する本発明の第1発明の第2実施例に係る画像表示装置において、2種類以上の粒子における平均粒子径の最大値である最大平均粒径 R と、微小切り欠き孔との関係を調べるため、以下の表2に示す形状および配置状態の微小切り欠き孔を、一方の電極に、以下の表1に示す平均幅 W 、平均間隔 I で配置するとともに、基板の間隔 d と粒子の最大平均粒径 R を以下の表2のように調整した実施例11～16の画像表示装置を準備した。準備した実施例11～16の画像表示装置に対し、4（kV/mm）の矩形波を、1（Hz）で10秒印加した後、10（Hz）で30秒印加し、その後1（Hz）で反転を行いながら粒子凝集による画像劣化の程度を目視で判断して評価を行った。なお、表2において、◎は画像劣化が全く認められなかったものを、○は殆ど画像劣化が認められなかったものを、△は一部に画像劣化は認められるが、実用上問題ないものを示す。結果を表2に示す。

表 2

No.	形状	配置	平均幅W [μ m]	平均間隔l [mm]	基板間隔d [mm]	最大平均粒径R [μ m]	W/R	I/R	評価結果
実施例 11	円	格子	300	0.5	0.5	15	20.0	33	◎
実施例 12	円	格子	150	0.5	0.5	15	10.0	33	○
実施例 13	円	格子	50	0.5	0.5	15	3.3	33	△
実施例 14	円	格子	300	0.5	0.5	15	20.0	33	◎
実施例 15	円	格子	300	0.75	0.5	15	20.0	50	○
実施例 16	円	格子	300	1	0.5	15	20.0	67	△

表2の結果から、平均幅Wと最大平均粒径Rとの関係、平均間隔Iと最大平均粒径Rとの関係を検討したところ、 W/R は10を超えることが、 I/R は50未満であることが、本発明において好ましいことがわかった。

なお、上述した実施例では、電極を基板上に設けた例を示しているが、本発明を達成するためには、電界を発生するための電極が存在しさえすれば電極は基板上に必ずしも存在する必要はなく、電極を基板とは離して設けることもできる。

＜実験例3（第2発明の第1実施例）＞

各実施例及び比較例において、絶縁体特性、粒子特性及び画像表示装置の機能評価は以下のようにして測定、評価した。

（1）コーティングする絶縁体（樹脂）の体積抵抗

銅板にコーティングする絶縁体（樹脂）を塗布し、JIS H 0505-1975に従って測定した。

（2）コーティングする絶縁体（樹脂）の帯電電位

コーティングする絶縁体（樹脂）のみを別にキャストリングして、電荷減衰測定用のサンプルを作製した。次に、QEA製CRT2000装置を用い、1mmの間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8kVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させ、0.3秒後における表面電位を測定した。なお、測定環境は温度22℃、湿度50RH%とした。

（3）画像表示用粒子の含水量

カールフィッシャー装置を用いて、画像表示装置内の粒子含水量を測定した。

（4）溶剤不溶率

画像表示用粒子について、MEK溶剤中に25℃で24時間浸漬し、100℃で5時間乾燥後の重量を測定した。浸漬前後の重量変化より、次の式にしたがって、溶剤不溶率を測定した。

$$\text{溶剤不溶率 (\%)} = (B/A) \times 100$$

（ただし、Aは粒子の溶剤浸漬前重量を示し、Bは粒子の良溶媒中への浸漬後樹

脂重量を示す)

(5) 粒子の粒子径分布及び粒子径

Mastersizer2000 (Malvern Instruments Ltd.) 測定機に各粒子を投入し、付属のソフト (体積基準分布を基に粒子径分布、粒子径を算出するソフト) を用いて、下記式より粒子径分布 Span を求めた。

$$\text{Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$

(ただし、 $d(0.5)$ は粒子の 50% がこれより大きく、50% がこれより小さいという粒子径を μm で表した数値、 $d(0.1)$ はこれ以下の粒子の比率が 10% である粒子径を μm で表した数値、 $d(0.9)$ はこれ以下の粒子が 90% である粒子径を μm で表した数値とする。) となる。

(6) 画像表示装置の機能評価

作製した画像表示装置に対し、印加する電圧を上げていき、粒子が移動して表示が可能となる電圧を最低駆動電圧として測定した。具体例を示すと、図 22 に示す閾値となる電圧を最低駆動電圧とした。

次に、その最低駆動電圧 + 10 V の電圧を印加し、電位を反転させることにより、黒色～白色の表示を繰り返した。

表示機能の評価は、初期コントラスト比、10000 回繰り返し後のコントラスト比、さらに 5 日放置後コントラスト比を反射画像濃度計を用いて測定した。ここで、コントラスト比 = 黒色表示時反射濃度 / 白色表示時反射濃度とした。なお、参考までに、初期コントラスト比に対する、10000 回繰り返し後及び 5 日放置後のコントラスト比保持率を求めた。

(実施例 21)

画像表示装置を以下のようにして作製した。

(A) 絶縁体薄膜の形成

まず、厚さ約 500 Å の酸化インジウム電極を設けたガラス基板上に、フッ素樹脂: LF710N (旭ガラス製) を厚み 1.0 μm となるようにコーティング

して絶縁体薄膜を形成した。

(B) 隔壁の形成

次に、無機粉体として SiO_2 、 Al_2O_3 、 B_2O_3 、 Bi_2O_3 及び ZnO の混合物を溶融、冷却、粉碎したガラス粉体を、樹脂として熱硬化性のエポキシ樹脂を準備して、溶剤にて粘度 12000 cps になるように調整したペーストを作製した。その後、ペーストを (A) で前記絶縁体薄膜を形成した基板全面上に塗布し、 150°C で加熱硬化させ、この塗布～硬化を繰り返すことにより、厚み (隔壁の高さに相当) $200 \mu\text{m}$ になるように調整した。次に、ドライフォトレジストを貼り付けて、露光～エッチングにより、ライン $50 \mu\text{m}$ 、スペース $200 \mu\text{m}$ 、ピッチ $250 \mu\text{m}$ の隔壁パターンが形成されるようなマスクを作製した。次に、サンドブラストにより、所定の隔壁形状になるように余分な部分を除去し、所望とするストライプ状隔壁を形成した。

(C) 画像表示装置の製造

アクリルウレタン樹脂 EAU53B (亜細亜工業 (株) 製) / IPDI 系架橋剤エクセルハードナー HX (亜細亜工業 (株) 製) に CB (カーボンブラック) 4 phr 、荷電制御剤ポントロン N07 (オリエント化学 (株) 製) 2 phr (phr とは樹脂 100 重量部に対する重量部) を添加し、混練り後、ジェットミルにて粉碎分級して画像表示用粒子 A を作製した。

アクリルウレタン樹脂 EAU204B (亜細亜工業 (株) 製) / IPDI 系架橋剤エクセルハードナー HX (亜細亜工業 (株) 製) に酸化チタン 10 phr 、荷電制御剤ポントロン E89 (オリエント化学 (株) 製) 2 phr を添加し、混練り後、ジェットミルにて粉碎分級して粒子を画像表示用粒子 B を作製した。

次に、(B) で隔壁を設けた約 500 \AA 厚みの酸化インジウム電極を設けた一対のガラス基板を、間隔 $400 \mu\text{m}$ になるようにスペーサで調整し、そのガラス基板間に、前記粒子 A 及び B を入れ、ガラス基板周辺をエポキシ系接着剤にて接着すると共に、粒子を封入し、画像表示装置を作製した。

粒子Aと粒子Bの混合率は同重量づつとし、それら粒子のガラス基板間への充填率（体積占有率）は20vol%となるように調整した。

画像表示装置内の空隙を埋める気体は、相対湿度40%RHの空気とした。

前記（1）～（6）に従い絶縁体特性、粒子特性及び画像表示装置の機能評価の結果を表3に示す。

（実施例22）

実施例21において、厚さ約500Åの酸化インジウム電極を設けたガラス基板上に、フッ素樹脂をコーティングする代わりに、メチルメタクリレート（90重量%）及びパーフロロオクチルエチルメタクリレート（10重量%）をロールコートにより塗布しUV硬化させて厚さ800nmのコーティングを行った以外は、同様にして、画像表示装置を作製した。

前記（1）～（6）に従い絶縁体特性、粒子特性及び画像表示装置の機能評価の結果を表3に示す。

（実施例23）

実施例21において、厚さ約500Åの酸化インジウム電極を設けたガラス基板上に、フッ素樹脂をコーティングする代わりに、SiO₂をスパッタリングし厚さ200nmのコーティングを行った以外は、同様にして、画像表示装置を作製した。

前記（1）～（6）に従い絶縁体特性、粒子特性及び画像表示装置の機能評価の結果を表3に示す。

（実施例24）

実施例21において、厚さ約500Åの酸化インジウム電極を設けたガラス基板上に、フッ素樹脂をコーティングする代わりに、C₃F₈をプラズマ重合し厚さ1.5μmのコーティングを行った以外は、同様にして、画像表示装置を作製した。

前記（1）～（6）に従い絶縁体特性、粒子特性及び画像表示装置の機能評価の結果を表3に示す。

(実施例 2 5)

実施例 2 1 において、厚さ約 5 0 0 Å の酸化インジウム電極を設けたガラス基板上に、フッ素樹脂：L F 7 1 0 N をコーティングする代わりに、フッ素樹脂：カイナー 2 5 0 0 (アトフィナジャパン製) と変更し、厚さ 3. 0 μm のコーティングを行った以外は、同様にして、画像表示装置を作製した。

前記 (1) ~ (6) に従い絶縁体特性、粒子特性及び画像表示装置の機能評価の結果を表 3 に示す。

本実施例においては、樹脂はフッ素樹脂であるが、電荷減衰が大きいため、表示機能評価における保持率がやや低下している。

(実施例 2 6)

実施例 2 1 において、画像表示用粒子 A 及び B の粒子作製の際の粉碎条件を変えて粒子 Span を変更した以外は同様にして、画像表示装置を作製した。

前記 (1) ~ (6) に従い絶縁体特性、粒子特性及び画像表示装置の機能評価の結果を表 3 に示す。

本実施例においては、粒子 Span が大きいため、表示機能評価の耐久性がやや低下した。

(実施例 2 7)

実施例 2 1 において、隔壁を形成しなかった以外は同様にして、画像表示装置を作製した。

前記 (1) ~ (6) に従い絶縁体特性、粒子特性及び画像表示装置の機能評価の結果を表 3 に示す。

本実施例においては、隔壁が無い場合、表示機能評価の耐久性がやや低下した。

(比較例 1)

実施例 2 1 において、基板を絶縁体で薄膜コーティングしなかった以外は同様にして、画像表示装置を作製した。

前記 (1) ~ (6) に従い絶縁体特性、粒子特性及び画像表示装置の機能評価

の結果を表 3 に示す。

本比較例においては、絶縁体でコーティングしていないため、駆動電圧が大幅に悪化した。

表 3

	実施例 21	実施例 22	実施例 23	実施例 24	実施例 25	実施例 26	実施例 27	比較例 1
粒子A	樹脂	EAU53B/HX	EAU53B/HX	EAU53B/HX	EAU53B/HX	EAU53B/HX	EAU53B/HX	EAU53B/HX
	添加物	CB, ポイントン N07	CB, ポイントン N07	CB, ポイントン N07	CB, ポイントン N07	CB, ポイントン N07	CB, ポイントン N07	CB, ポイントン N07
	含水量	2.1重量%	2.1重量%	2.1重量%	2.1重量%	2.1重量%	2.1重量%	2.1重量%
	不溶率	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%
粒子B	Span	1.2	1.2	1.2	1.2	5.2	1.2	1.2
	樹脂	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX
	添加物	TiO ₂ , ポイントン E89	TiO ₂ , ポイントン E89	TiO ₂ , ポイントン E89	TiO ₂ , ポイントン E89	TiO ₂ , ポイントン E89	TiO ₂ , ポイントン E89	TiO ₂ , ポイントン E89
	含水量	2.1重量%	2.1重量%	2.1重量%	2.1重量%	2.1重量%	2.1重量%	2.1重量%
基板 への 絶縁 体 薄膜	不溶率	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%
	Span	1.5	1.5	1.5	1.5	6.1	1.5	1.5
	絶縁体	LF710N	アクリル アミン含有	SiO ₂ , スパッタ	フッ素化合物 アミン	LF710N	LF710N	なし
	膜厚[μm]	1.5	0.8	0.2	1.5	1.5	1.5	-
空隙に用いた気体の 相対湿度(%RH)	体積抵抗[Ω・cm]	1.2×10 ¹⁵	2.5×10 ¹⁴	5.2×10 ¹⁵	3.7×10 ¹⁴	1.2×10 ¹⁵	1.2×10 ¹⁵	-
	帯電電位(V)	760	760	760	310	760	760	-
	40	40	40	40	40	40	40	40
	有リ	有リ	有リ	有リ	有リ	有リ	有リ	有リ
表示 機能 評価	最低駆動電圧(V)	15	15	13	20	22	15	250
	所期のコンラスト比	8.7	8.8	8.6	8.5	8.7	8.8	9.2
	10000回後のコン ラスト比(保持率)	7.83 (90%)	7.91 (90%)	8.1 (94%)	7.92 (93%)	6.96 (80%)	7.13 (81%)	8.28 (90%)
	5日放置後のコン ラスト比(保持率)	7.40 (85%)	7.70 (87%)	7.80 (91%)	7.51 (88%)	6.18 (71%)	7.39 (84%)	7.73 (84%)

<実験例 4（第 2 発明の第 2 実施例）>

各実施例、比較例及び参考例において、絶縁体特性、粒子特性及び画像表示装置の機能評価は以下のようにして測定、評価した。

（評価方法）

1. 基板の表面粗さ

作製した基板面の算術平均粗さ（ R_a ）及び凹凸平均間隔（ S_m ）を原子間力顕微鏡（セイコーインスツルメンツ（株）製「AFM」）で測定した。

2. 粒子の物性評価

（1）粒子の含水量

カールフィッシャー装置（三菱エンジニアリングプラスチック（株）製「VA-U5」）を用いて粒子の含水量を測定した。

（2）溶剤不溶率（ N_d ）

粒子をメチルエチルケトン溶剤に 25°C にて、24 時間浸漬し、 100°C 、5 時間乾燥後の重量を測定した。浸漬前後の重量変化により、下記式（IV）にしたがって溶剤不溶率（ N_d ）を計算した。

$$N_d (\%) = (B/A) \times 100 \quad \dots (IV)$$

（A は粒子の溶剤浸漬前重量、B は良溶媒中に粒子を 25°C で 24 時間浸漬した後の重量を表す。）

（3）粒子径及び粒子径分布

Mastersizer2000（Malvern Instruments Ltd. 製）測定機に粒子を投入し、付属の解析ソフト（体積基準分布を基に粒子径分布、粒子径を算出するソフト）を用いて、粒子径 $d(0.1)$ 、 $d(0.5)$ 、 $d(0.9)$ を測定し、粒子径分布 $Span$ を下記（III）式により求めた。

$$Span = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5) \quad \dots (III)$$

（ $d(0.9)$ はこれ以下の粒子が 90 % である粒子径を μm で表した数値、 $d(0.1)$ はこれ以下の粒子が 10 % である粒子径を μm で表した数値を表し、 $d(0.5)$ は前

記と同様である。)

3. 表示機能の評価

(1) 最低駆動電圧

作製した表示装置に印加する電圧を上げていき、粒子が移動して表示が可能となる電圧、具体的には、図23に示す閾値となる電圧を最低駆動電圧とした。

(2) コントラスト比

最低駆動電圧+10Vの電圧を印加し、電位を反転させることにより、黒色～白色の表示を繰り返した。初期、10,000回繰り返し後、5日放置後について反射画像濃度計(グレッタグマクベス社製「D19C」)を用いて測定した。ここで、コントラスト比とは、黒色表示時反射濃度/白色表示時反射濃度をいう。また、初期対比のコントラスト比保持率も併せて計算した。

(表示用粒子の作製)

以下の2種の粒子A及びBを以下の方法で作製した。

(1) 粒子A; アクリルウレタン樹脂EAU53B(亜細亜工業(株)製)/IPDI系架橋剤エクセルハードナーHX(亜細亜工業(株)製)100重量部に対し、カーボンブラック(CB)4重量部、荷電制御剤ボントロンN07(オリエント化学(株)製)2重量部を添加し、混練り後、ジェットミルにて粉碎、分級して粒子Aを作製した。

(2) 粒子B; アクリルウレタン樹脂EAU204B(亜細亜工業(株)製)/IPDI系架橋剤エクセルハードナーHX(亜細亜工業(株)製)100重量部に対し、酸化チタン10重量部、荷電制御剤ボントロンE89(オリエント化学(株)製)2重量部を添加し、混練り後、ジェットミルにて粉碎、分級して粒子を作製した。

(実施例31)

電極付きの厚さ110 μ mのガラス基板に、約500Å厚の酸化インジウムをスパッタリングにより塗布し、次いで高さ200 μ mのリブを作り、ストライプ

状の隔壁を形成した。リブの形成は、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 B_2O_3 、 Bi_2O_3 、 ZnO の混合物を溶融、冷却、粉碎したガラス粉体と熱硬化性のエポキシ樹脂を溶剤にて粘度12,000cpsになるように調整したペーストを、基板全面上に塗布し、150℃で加熱硬化させる手順を繰り返して、厚み（隔壁の高さに相当）200 μm になるように調整して行った。

次に、ドライフォトレジストを貼り付けて、露光～エッチングにより、ライン50 μm 、スペース200 μm 、ピッチ250 μm の隔壁パターンが形成されるようなマスクを作製し、サンドブラストにより、所定の隔壁形状になるように余分な部分を除去し、所望とするストライプ状隔壁を形成した。

粒子が接触する基板面の算術平均粗さ（Ra）、凹凸平均間隔（Sm）を表4に示す。

上記方法で作製した一対のガラス基板を間隔400 μm になるようにスペーサで調整したガラス基板間に、 $d(0.5)$ を6 μm とした粒子A、Bを入れ、ガラス基板周辺をエポキシ系接着剤にて接着すると共に、粒子を封入し、画像表示装置を作製した。粒子Aと粒子Bの混合量は同重量とし、それら粒子のガラス基板間への充填率は体積占有率で20vol%となるように調整した。また、空隙を埋める気体は、相対湿度40%RHの空気とした。最低駆動電圧及びコントラスト比を測定した結果を表4に示す。

（実施例32、33、比較例11、12）

スパッタリング条件を変えて、基板面の算術平均粗さ（Ra）、凹凸平均間隔（Sm）を表4に示すものとした以外は、実施例31と同様に画像表示装置を作製した。最低駆動電圧及びコントラスト比を測定した結果を表4に示す。

（参考例1）

粒子作製の際の粉碎条件を変えて粒子径分布Spanを表4に示すように変更した以外は、実施例31と同様にして、画像表示装置を作製した。最低駆動電圧及びコントラスト比を測定した結果を表4に示す。

(参考例 2)

隔壁を形成しなかったこと以外は、実施例 3 1 と同様にして、画像表示装置を作製した。最低駆動電圧及びコントラスト比を測定した結果を表 4 に示す。

(実施例 3 4, 3 5、比較例 1 3)

粒子 A, B の $d(0.5)$ を $20\ \mu\text{m}$ とし、基板面の算術平均粗さ (R_a)、凹凸平均間隔 (S_m) を表 4 に示すものとした以外は実施例 3 1 と同様にして、画像表示装置を作製した。最低駆動電圧及びコントラスト比を測定した結果を表 4 に示す。

(実施例 3 6)

フッ素樹脂 LF 7 1 0 N (旭硝子 (株) 製) にシリカ微粒子 SS 2 0 (日本シリカ工業 (株) 製) を添加したものをロールコートで基板にさらに塗布し、厚さ $1\ \mu\text{m}$ のコーティングを行った以外は、実施例 3 4 と同様にして、画像表示装置を作製した。最低駆動電圧及びコントラスト比を測定した結果を表 4 に示す。

(比較例 1 4)

基板にフッ素樹脂 LF 7 1 0 N (旭硝子 (株) 製) をロールコートで塗布し、厚さ $1\ \mu\text{m}$ のコーティングを行った以外は、実施例 3 4 と同様にして、画像表示装置を作製した。最低駆動電圧及びコントラスト比を測定した結果を表 4 に示す。

表 4 - 1

粒子A	樹脂	実施例 31	実施例 32	実施例 33	比較例 11	比較例 12	参考例 1	参考例 2
	添加物	EAU53B/HX CB ポントロンN07	EAU53B/HX CB ポントロンN07	EAU53B/HX CB ポントロンN07	EAU53B/HX CB ポントロンN07	EAU53B/HX CB ポントロンN07	EAU53B/HX CB ポントロンN07	EAU53B/HX CB ポントロンN07
粒子A	含水量	2.10%	2.10%	2.10%	2.10%	2.10%	2.10%	2.10%
	溶剤不溶率	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%
	d(0.5)(μ m)	6	6	6	6	6	6	6
	Span	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	5.2	1.2
	樹脂	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX
粒子B	添加物	TiO ₂ ポントロンE89	TiO ₂ ポントロンE89	TiO ₂ ポントロンE89	TiO ₂ ポントロンE89	TiO ₂ ポントロンE89	TiO ₂ ポントロンE89	TiO ₂ ポントロンE89
	含水量	2.10%	2.10%	2.10%	2.10%	2.10%	2.10%	2.10%
	溶剤不溶率	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%
	d(0.5)(μ m)	6	6	6	6	6	6	6
	Span	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	6.1	1.5
基板特性	最表面	ITO	ITO	ITO	ITO	ITO	ITO	ITO
	Ra[nm]	100	200	200	40	800	200	200
	Sm[nm]	100	200	500	10	700	200	500
	空隙に用いた気体の 相対湿度(%RH)	40	40	40	40	40	40	40
	隔壁の有無	有り	有り	有り	有り	有り	有り	なし
表示機能	最低駆動電圧(V)	120	100	60	220	230	100	100
	初期のコントラスト比	8.70	8.80	8.80	8.50	7.80	8.80	8.60
	10000回後のコントラスト比(保持率)	7.85 (90%)	7.85 (90%)	7.81 (90%)	7.92 (93%)	7.28 (93%)	7.13 (81%)	7.24 (84%)
	5日放置後のコントラスト比(保持率)	7.40 (85%)	7.60 (87%)	7.60 (87%)	7.51 (88%)	6.93 (88%)	6.05 (69%)	6.23 (72%)

表 4 - 2

粒子A	樹脂	実施例 34	実施例 35	比較例 13	実施例 36	比較例 14
		EAU53B/HX	EAU53B/HX	EAU53B/HX	EAU53B/HX	EAU53B/HX
	添加物	CB	CB	CB	CB	CB
		ポントロンN07	ポントロンN07	ポントロンN07	ポントロンN07	ポントロンN07
	含水量	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
	溶剤不溶率	90%	90%	90%	90%	90%
	d(0.5)(μ m)	20	20	20	20	20
粒子B	Span	1	1	1	1	1
	樹脂	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX	EAU204B/HX
	添加物	TiO ₂	TiO ₂	TiO ₂	TiO ₂	TiO ₂
		ポントロンE89	ポントロンE89	ポントロンE89	ポントロンE89	ポントロンE89
	含水量	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
基板特性	溶剤不溶率	90%	90%	90%	90%	90%
	d(0.5)(μ m)	20	20	20	20	20
	Span	1	1	1	1	1
	最表面	ITO	ITO	ITO	LF710N/SS20	LF710N
	Ra[nm]	300	500	50	800	20
空隙に用いた気体の 相対湿度(%RH)	Sm[nm]	100	200	50	800	20
		40	40	40	40	40
	隔壁の有無	有り	有り	有り	有り	有り
	表示機能	最低駆動電圧(V)	40	170	15	50
		初期のコントラスト比	8.8	8.8	8.5	8.8
表示機能	10000回後のコントラスト比(保持率)	7.92 (90%)	7.91 (91%)	7.74 (88%)	7.65 (90%)	7.92 (90%)
	5日放置後のコントラスト比(保持率)	7.48 (85%)	7.57 (87%)	7.12 (81%)	7.31 (86%)	7.48 (85%)

産業上の利用可能性

本発明の第1発明の第1実施例によれば、電極表面に設けた微小凹部および／または微小凸部によって部分的に微小不均一電界を導入でき、この微小凹部および／または微小凸部によって発生する微小な不均一電界は横方向、すなわち基板面と平行な方向への電界成分を有するため、横方向に移動しようとする粒子に対し積極的に吸引もしくは排斥することで粒子を固定し、凝集による偏在を抑制できる。その結果、耐久使用時の画質劣化を改良することができる。

本発明の第1発明の第2実施例によれば、通常平行に配置される2枚の基板にそれぞれ設けられた電極対により与えられる粒子飛翔のための電界が均一電界であるのに対し、上述した構成の本発明の画像表示装置では、電極表面に設けた微小切り欠き孔によって部分的に微小不均一電界を導入できる。この微小切り欠き孔によって発生する微小な不均一電界は横方向、すなわち基板面と平行な方向への電界成分を有するため、横方向に移動しようとする粒子に対し積極的に吸引もしくは排斥することで粒子を固定し、凝集による偏在を抑制できる。その結果、耐久使用時の画質劣化を改良することができる。

本発明の第2発明の第1実施例に係る画像表示装置は、少なくとも一方が透明な対向する基板間に、粒子を封入し、粒子を移動させ画像を表示する画像表示装置において、基板の粒子が接触する面が体積抵抗 $1 \times 10^{12} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 以上の絶縁体で薄膜コーティングし、絶縁体薄膜を設けることにより、安価で画像表示装置を提供でき、かつ、画像表示装置の安定性向上と駆動電圧低減の両立を可能にする。

本発明の第2発明の第2実施例に係る画像表示装置は、駆動の際に強い電界を発生させる必要がなく、汎用の電子材料を使用し得るとともに、安定性と駆動電圧低減の両立を達成し得たものである。

本発明の第3発明によれば、画素内の粒子の飛翔移動の際に発生する飛翔移動電流を検出することにより画像表示状態を読み出しているため、具体的には、画

像表示状態の読み出しを、表示されている画像に対し、全面黒色または白色の画像を書き込み、その書き込みの際各画素に流れた飛翔移動電流の積分値から各画素の表示濃度を求めることで行うよう構成したため、画像の表示濃度を読み取ることが可能となり、画像表示装置を得ることができる。

請 求 の 範 囲

1. 少なくとも一方が透明な2枚の基板の間に色および帯電特性の異なる2種類以上の粒子を封入し、基板に設けた電極からなる電極対から粒子に電界を与えて、粒子を飛翔移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置において、電極の表面の一部もしくは全面に微小凹部および／または微小凸部を設けたことを特徴とする画像表示装置。
2. 微小凹部および／または微小凸部の電極面への投影形状の平均対角長さを平均幅とし、微小凹部および／または微小凸部の電極面からの深さおよび／または高さの絶対値の平均を平均高さ（深さ）とし、2種類以上の粒子のうち最も大きな平均粒子径を最大平均粒子径としたとき、平均幅／最大平均粒子径 > 2 、かつ、平均高さ／最大平均粒子径 > 2 、となるよう微小凹部および／または微小凸部を構成する請求項1記載の画像表示装置。
3. 微小凹部および／または微小凸部を同一電極に対し複数配置し、それらの平均間隔が、平均間隔／最大平均粒子径 < 50 となるよう構成する請求項2記載の画像表示装置。
4. 電極の表面に絶縁層を設け、その絶縁層に微小凹部および／または微小凸部を設けた請求項2または3記載の画像表示装置。
5. 微小凹部および／または微小凸部の電極面への投影形状の総面積が電極面積に対して0.1～50%である請求項2～4のいずれか1項に記載の画像表示装置。
6. 少なくとも一方が透明な2枚の基板の間に色および帯電特性の異なる2種類以上の粒子を封入し、基板に設けた電極からなる電極対から粒子に電界を与えて、粒子を飛翔移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置において、電極の表面の一部もしくは全面に微小切り欠き孔を設けたことを特徴とする画像表示装置。

7. 微小切り欠き孔形状の最大対角長さを最大幅とし、2種類以上の粒子のうち最も大きな平均粒子径を最大平均粒子径としたとき、最大幅/最大平均粒子径 >10 となるよう微小切り欠き孔を構成する請求項6記載の画像表示装置。
8. 微小切り欠き孔を同一電極に対し複数配置し、微小切り欠き孔の最小間隔が、最小間隔/最大平均粒子径 <50 となるよう構成する請求項6または7記載の画像表示装置。
9. 微小切り欠き孔の総面積が電極面積に対して0.1~50%である請求項6~8のいずれか1項に記載の画像表示装置。
10. 粒子の平均粒子径が0.1~50 μm である請求項1~9のいずれか1項に記載の画像表示装置。
11. キャリヤを用いてブローオフ法により測定した粒子の表面電荷密度が絶対値で5 $\mu\text{C}/\text{m}^2$ 以上150 $\mu\text{C}/\text{m}^2$ 以下である請求項1~10のいずれか1項に記載の画像表示装置。
12. 粒子が、その表面と1mmの間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8KVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きい粒子である請求項1~11のいずれか1項に記載の画像表示装置。
13. 粒子の色が白色及び黒色である請求項1~12のいずれかに記載の画像表示装置。
14. 少なくとも一方が透明な対向する基板間に、粒子を封入し、粒子を移動させ画像を表示する画像表示装置において、基板の粒子が接触する面が体積抵抗 $1 \times 10^{12} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 以上の絶縁体で薄膜コーティングされ、絶縁体薄膜が設けられていることを特徴とする画像表示装置。
15. 前記絶縁体薄膜の厚さが5 μm 以下である請求項14に記載の画像表示装置。
16. 基板にコーティングする絶縁体が、その絶縁体表面と1mmの間隔をも

って配置されたコロナ放電器に、8 kVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きい請求項14又は15記載の画像表示装置。

17. 少なくとも一方が透明な対向する基板間に、粒子を封入し、粒子を飛翔移動させ画像を表示する画像表示装置において、粒子が接触する基板面の算術平均粗さ(Ra)及び凹凸平均間隔(Sm)がそれぞれ下記式(I),(II)を満足することを特徴とする画像表示装置。

$$d(0.5)/10 \geq Ra \geq d(0.5)/200 \quad \dots (I)$$

$$d(0.5)/10 \geq Sm \geq d(0.5)/1000 \quad \dots (II)$$

(d(0.5)は粒子の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいという粒子径を μm で表した数値を表す。)

18. 前記d(0.5)が0.1~50 μm である請求項17記載の画像表示装置。

19. 表示装置内の空隙が、25℃における相対湿度が60%RH以下の気体で満たされている請求項14~18のいずれかに記載の画像表示装置。

20. 下記式で示される、各粒子の粒子径分布 Span が5未満である請求項14~19のいずれかに記載の画像表示装置。

$$\text{Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$

(ただし、d(0.5)は粒子の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいという粒子径を μm で表した数値、d(0.1)はこれ以下の粒子の比率が10%である粒子径を μm で表した数値、d(0.9)はこれ以下の粒子が90%である粒子径を μm で表した数値とする。)

21. 前記粒子の、下記関係式で表される溶剤不溶率が50%以上である請求項14~20のいずれかに記載の画像表示装置。

$$\text{溶剤不溶率}(\%) = (B/A) \times 100$$

(ただし、Aは粒子の溶剤浸漬前重量を示し、Bは良溶媒中に粒子を25℃で2

4時間浸漬後重量を示す。)

22. 隔壁が形成され、表示部を複数の表示セルからなる請求項14～21のいずれかに記載の画像表示装置。
23. 前記複数の表示セルを形成する際に、隔壁がスクリーン印刷法、サンドブラスト法、感光体ペースト法及びアディティブ法のいずれかで形成されてなる請求項22に記載の画像表示装置。
24. 前記隔壁が片リブ構造である請求項22に記載の画像表示装置。
25. 少なくとも一方が透明な2枚の基板の間に色および帯電特性の異なる2種類以上の粒子を封入し、前記基板の一方または双方に設けた電極からなる電極対から前記粒子に電界を与えて、前記粒子を飛翔移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置であって、画素内の粒子の飛翔移動の際に発生する飛翔移動電流を検出することにより画像表示状態を読み出すことを特徴とする画像表示装置。
26. 前記画像表示状態の読み出しを、表示されている画像に対し、全面黒色または白色の画像を書き込み、その書き込みの際、各画素に流れた飛翔移動電流の積分値から各画素の表示濃度を求めることで行うよう構成した請求項25記載の画像表示装置。
27. 前記飛翔移動電流を検出する飛翔移動電流検出部と、前記飛翔移動電流を積分する積分器を具備する請求項25または26記載の画像表示装置。
28. 画像書き込みの際に用いる電極を使用して、前記飛翔移動電流を検出する請求項25～27のいずれか1項に記載の画像表示装置。
29. 読み出された表示画像情報をもとに、再書き込みする請求項25～28のいずれか1項に記載の画像表示装置。
30. 粒子の平均粒子径が $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ である請求項25～29のいずれか1項に記載の画像表示装置。
31. キャリヤを用いてブローオフ法により測定した粒子の表面電荷密度が絶

対値で $5 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 以上 $150 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 以下である請求項 25～30 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

32. 粒子が、その表面と 1 mm の間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8 KV の電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3 秒後における表面電位の最大値が 300 V より大きい粒子である請求項 25～31 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。
33. 粒子の色が白色及び黒色である請求項 25～32 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。
34. 前記画像表示板が、複数の走査電極と、それにほぼ直行するデータ電極で構成されるマトリックス電極を具備する請求項 25～33 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

FIG. 1

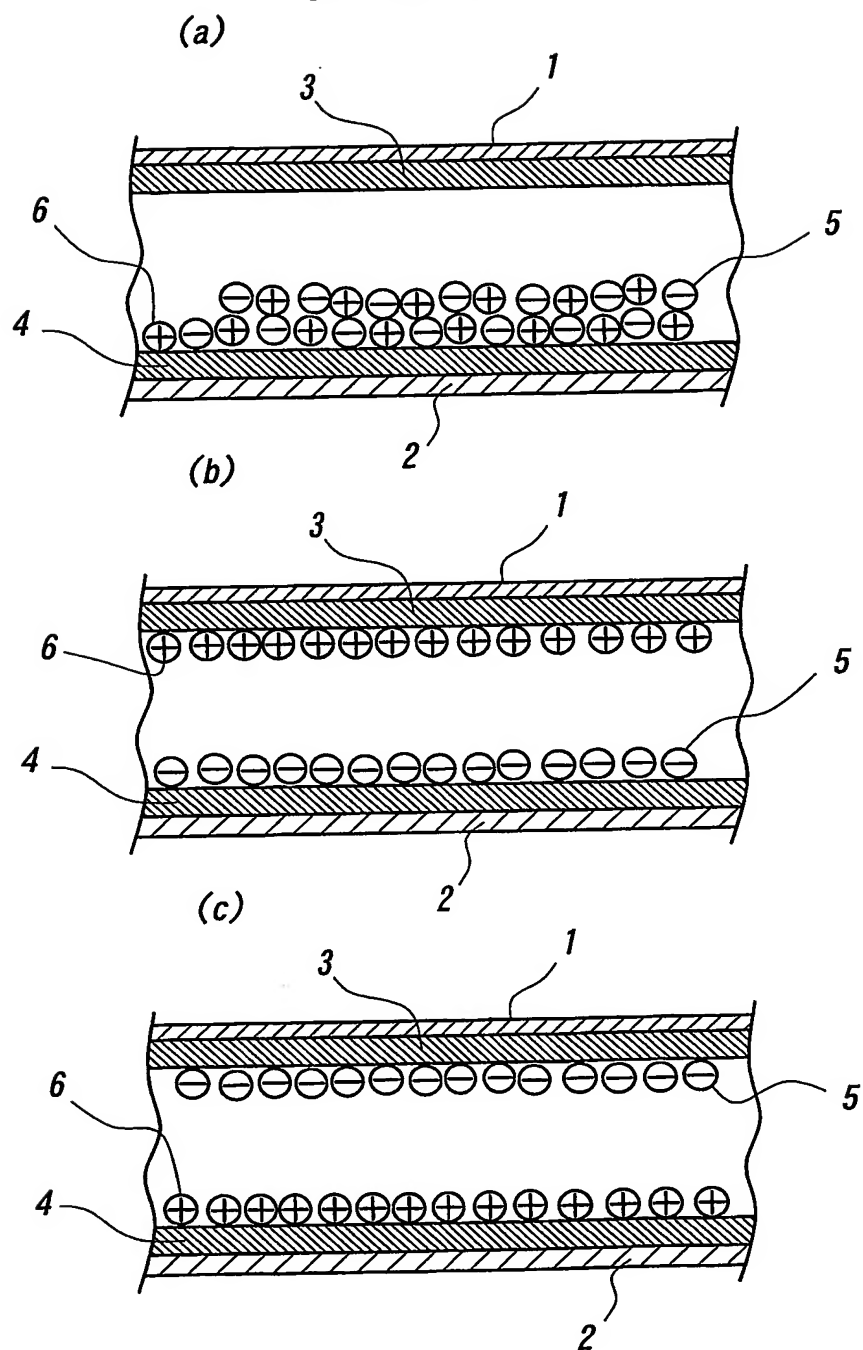


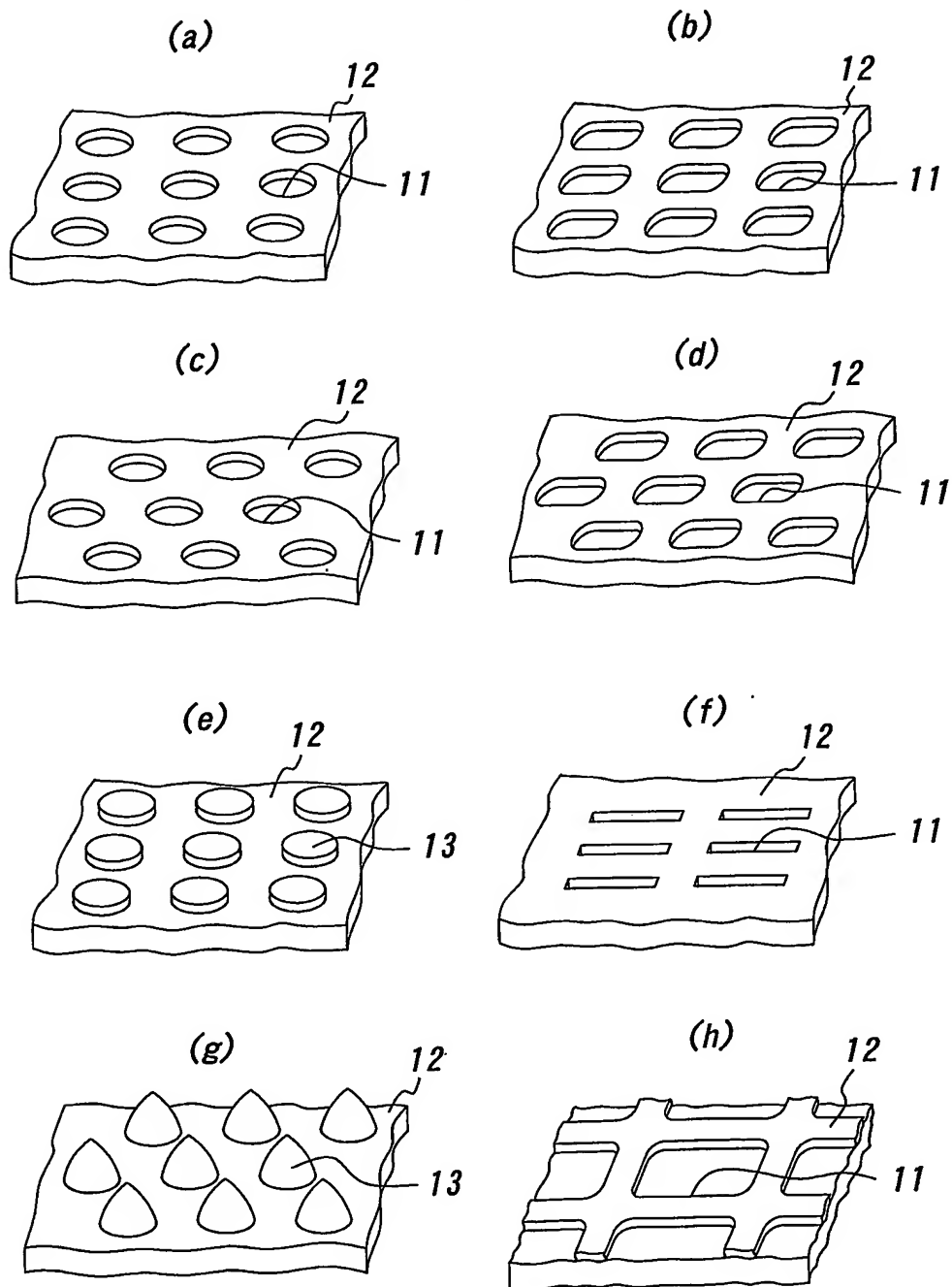
FIG. 2

FIG. 3

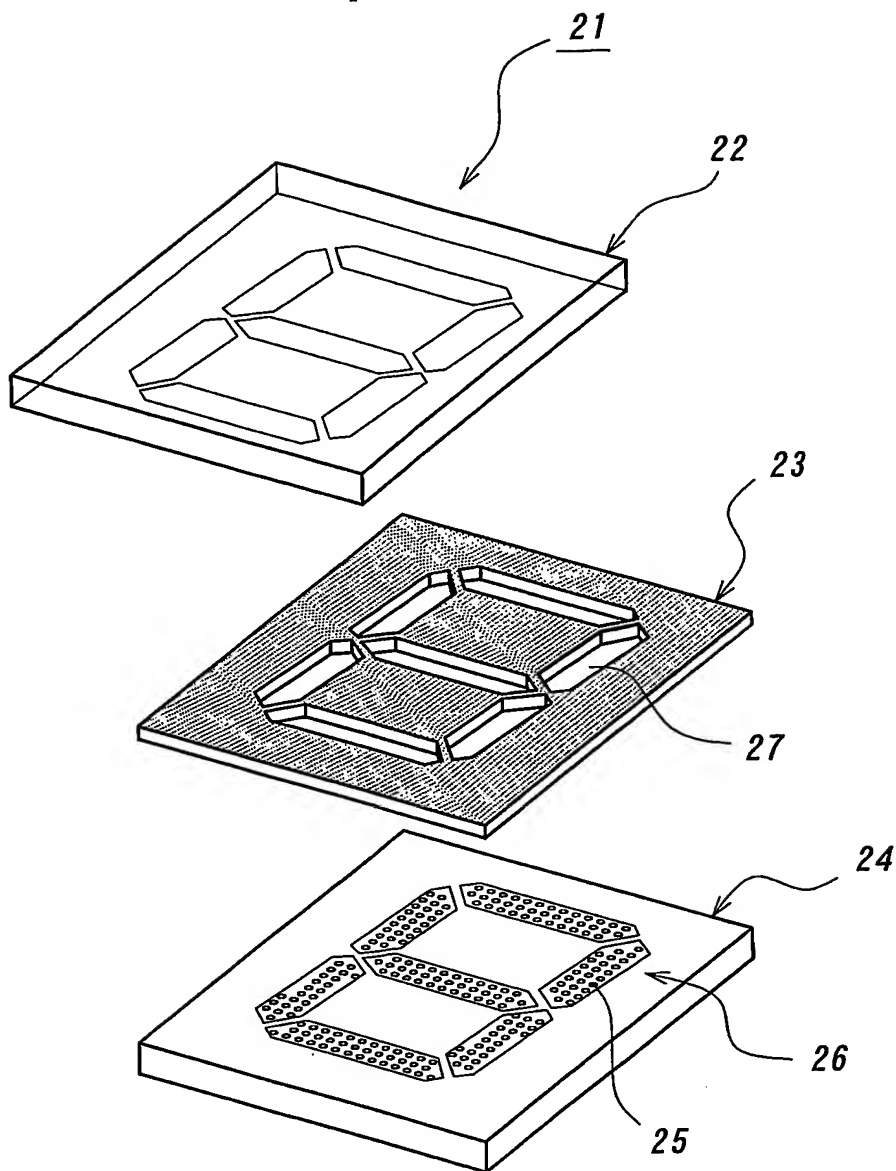


FIG. 4

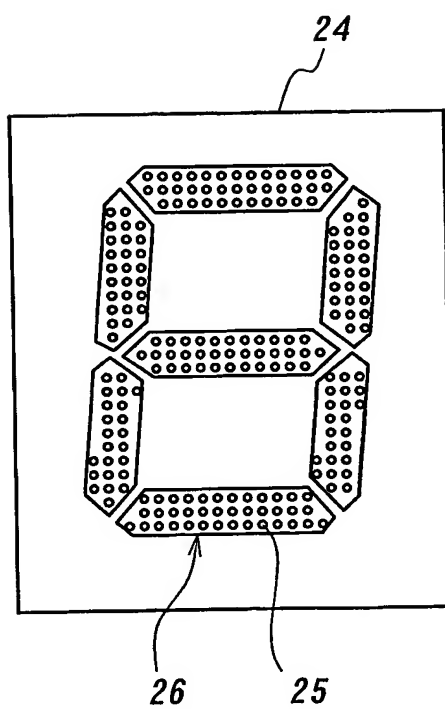


FIG. 5

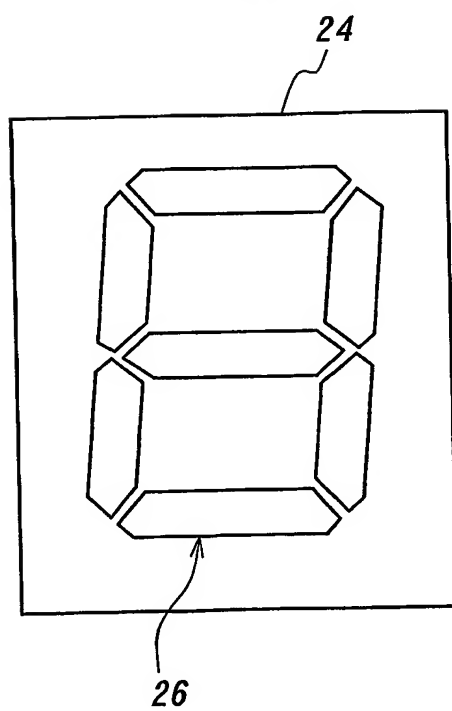


FIG. 6

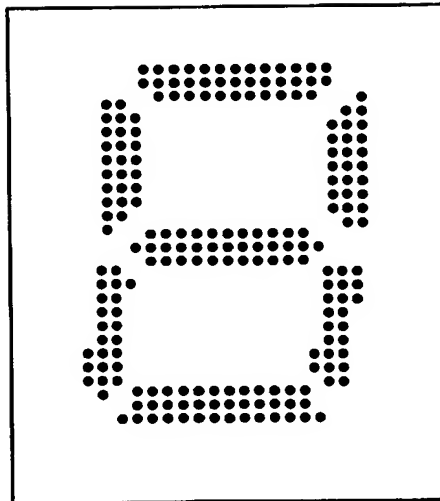


FIG. 7

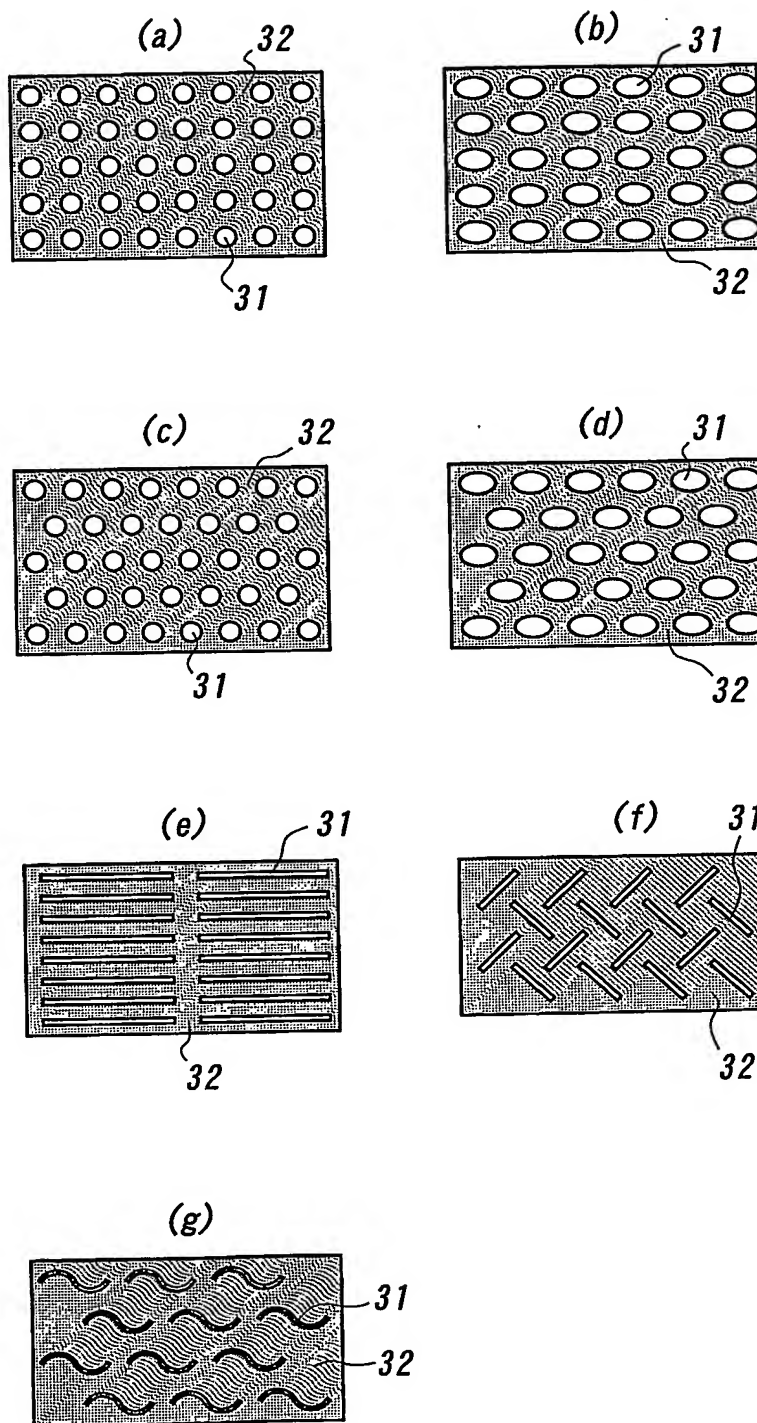


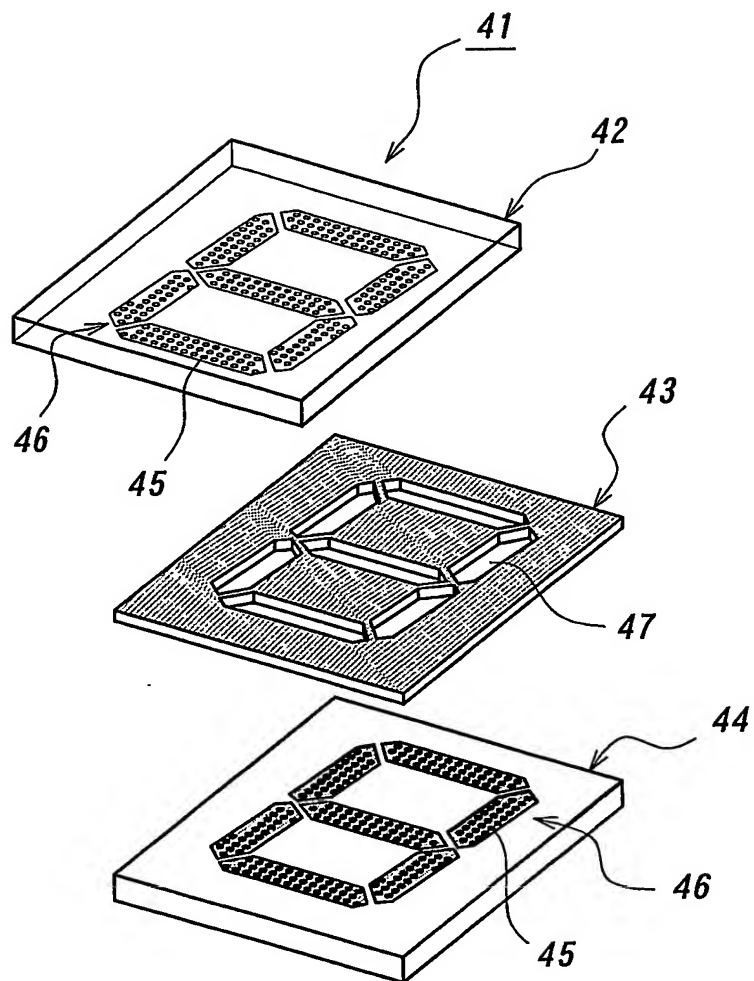
FIG. 8

FIG. 9

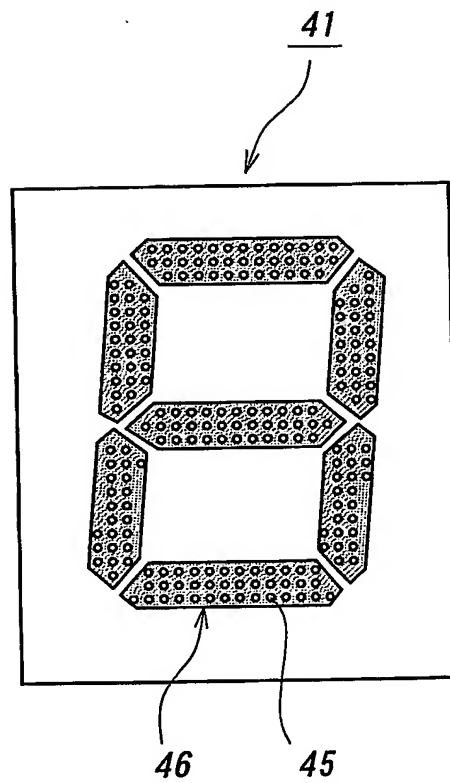


FIG. 10

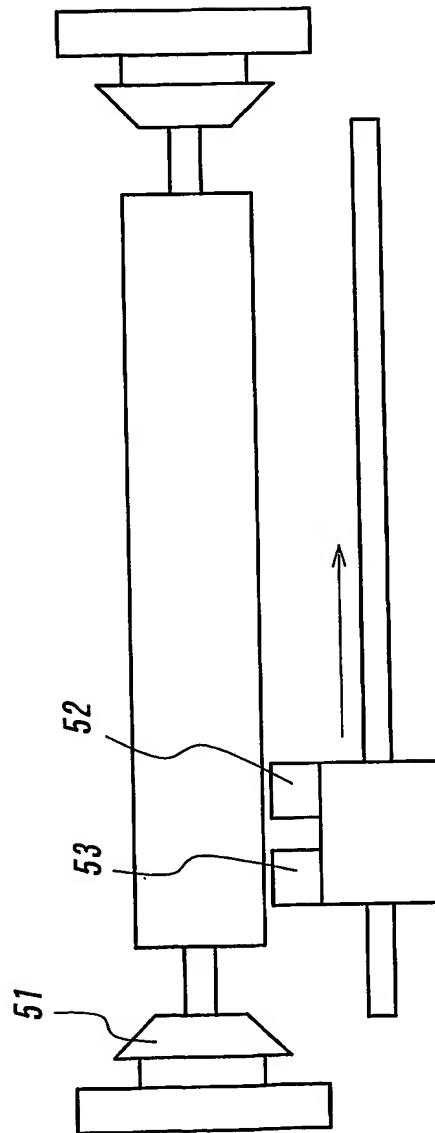


FIG. 11

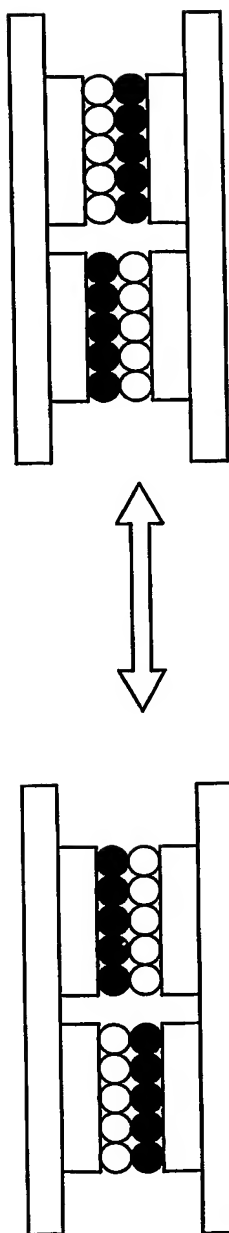


FIG. 12

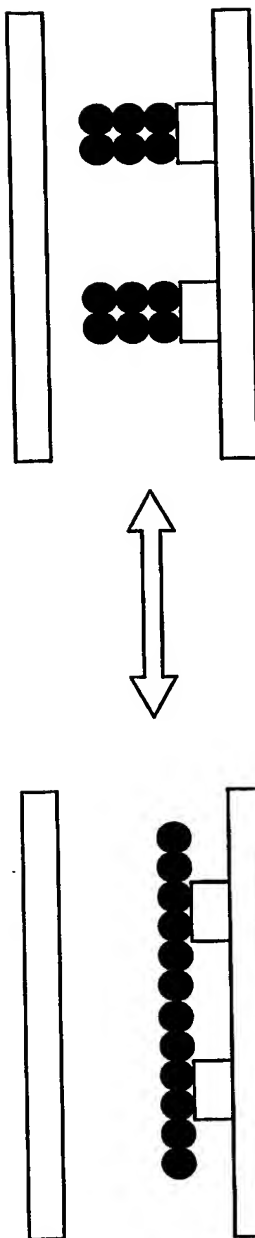


FIG. 13

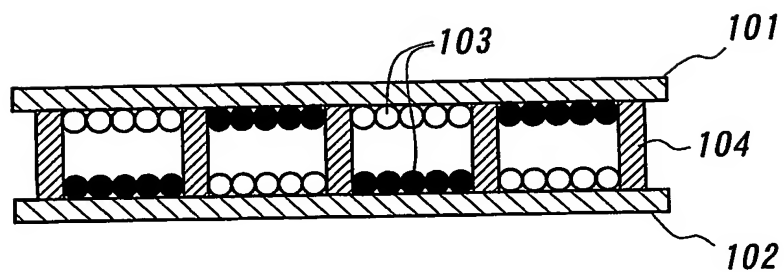


FIG. 14

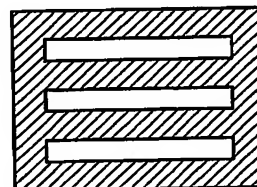
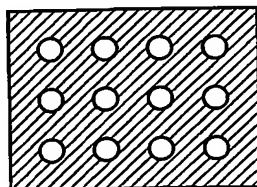
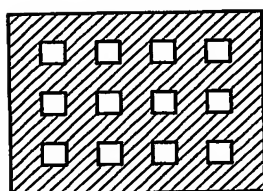
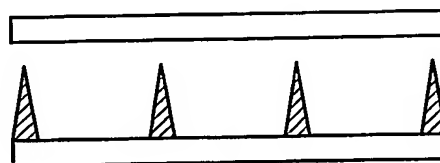
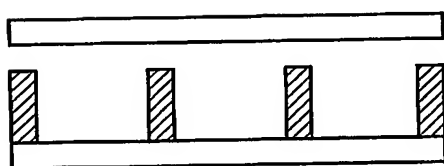


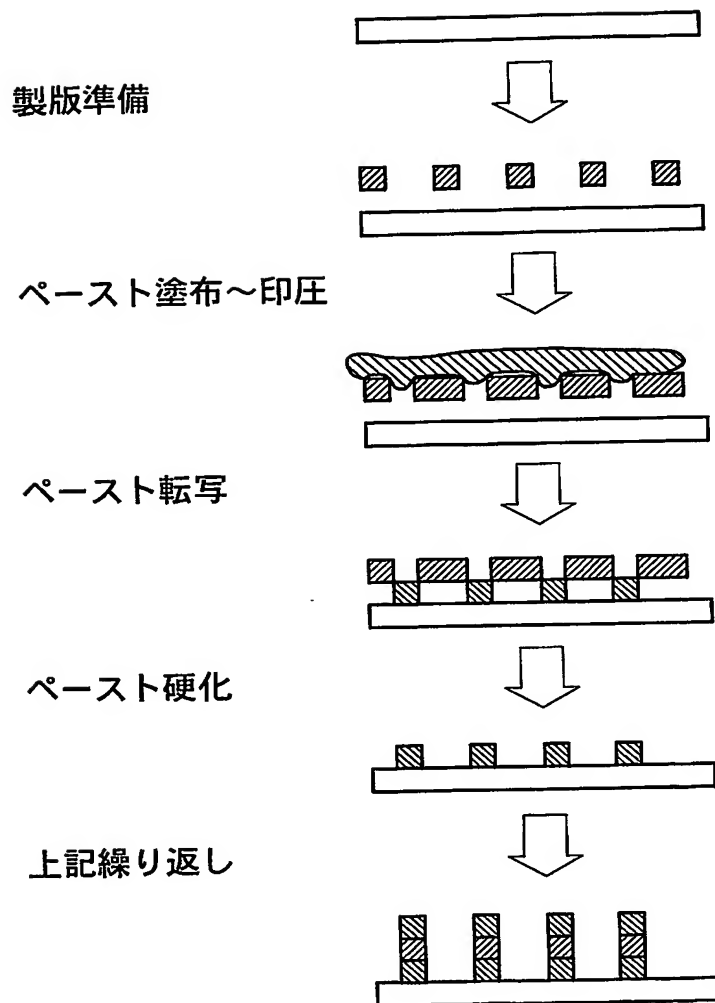
FIG. 15

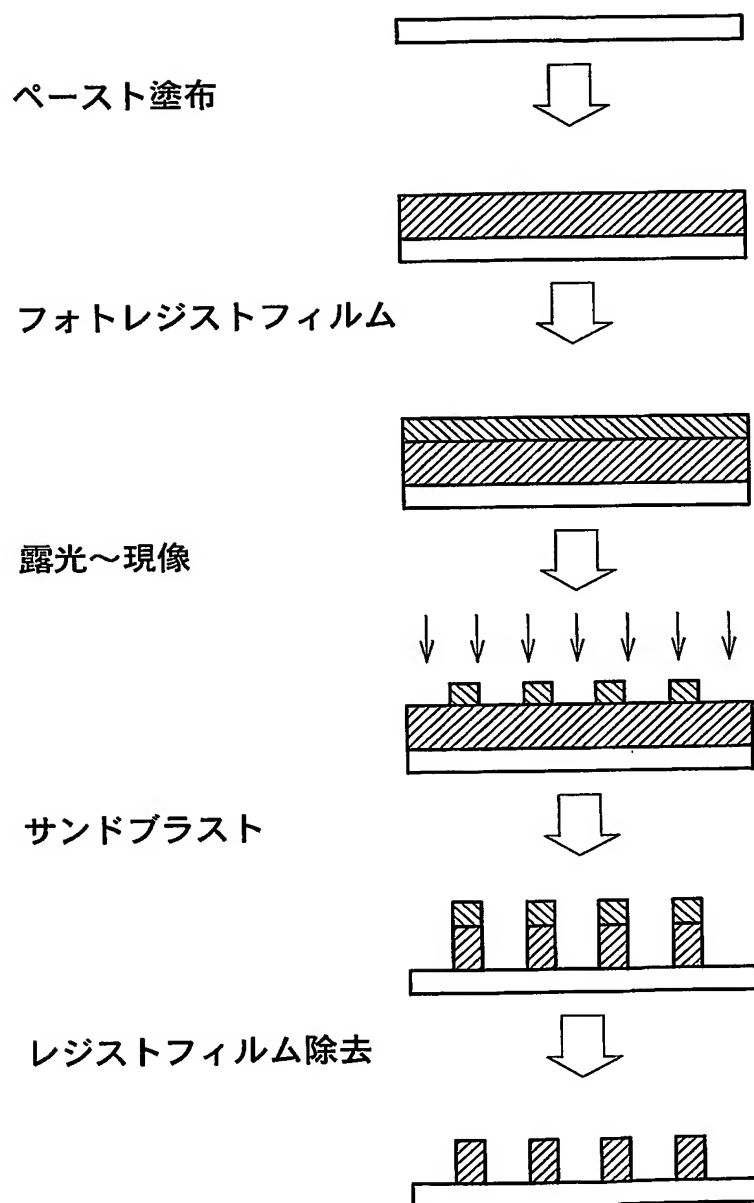
FIG. 16

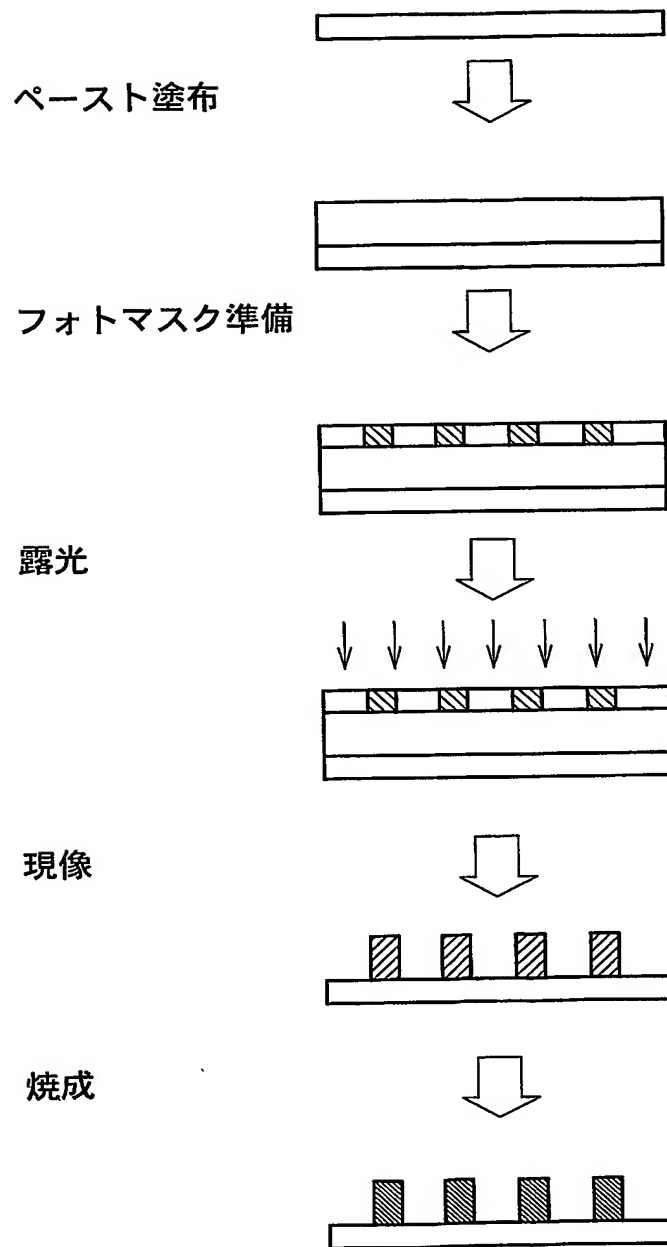
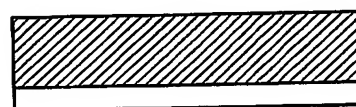
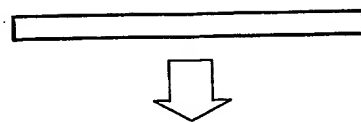
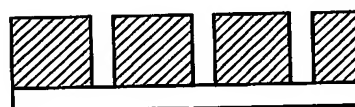
FIG. 17

FIG. 18

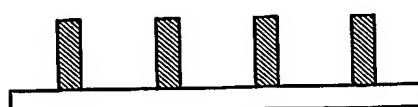
フォトレジストフィルム
貼り付け



露光～エッチング



ペースト注入～硬化



フォトレジストフィルム除去

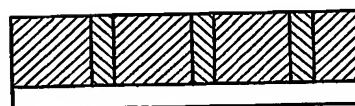


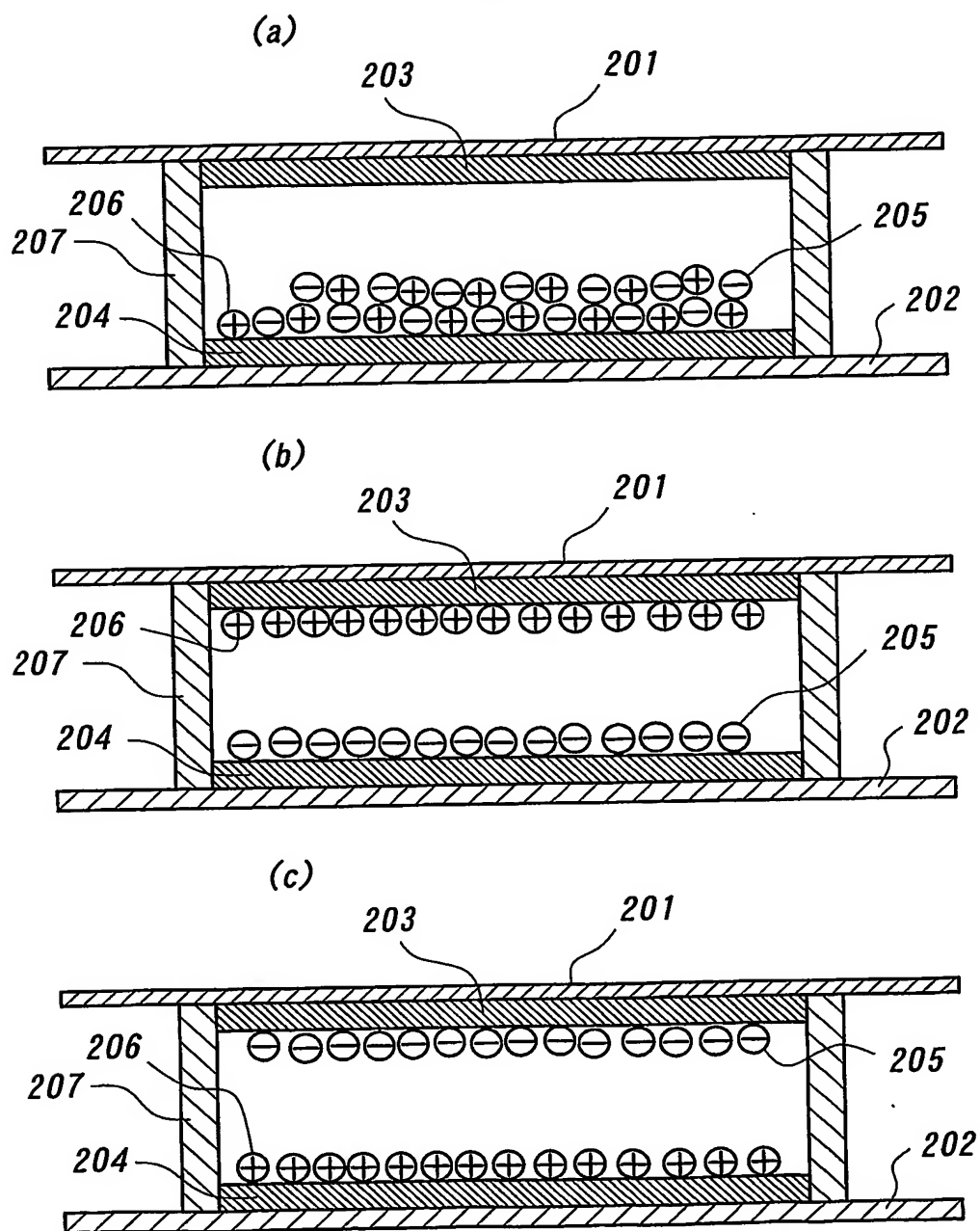
FIG. 19

FIG20

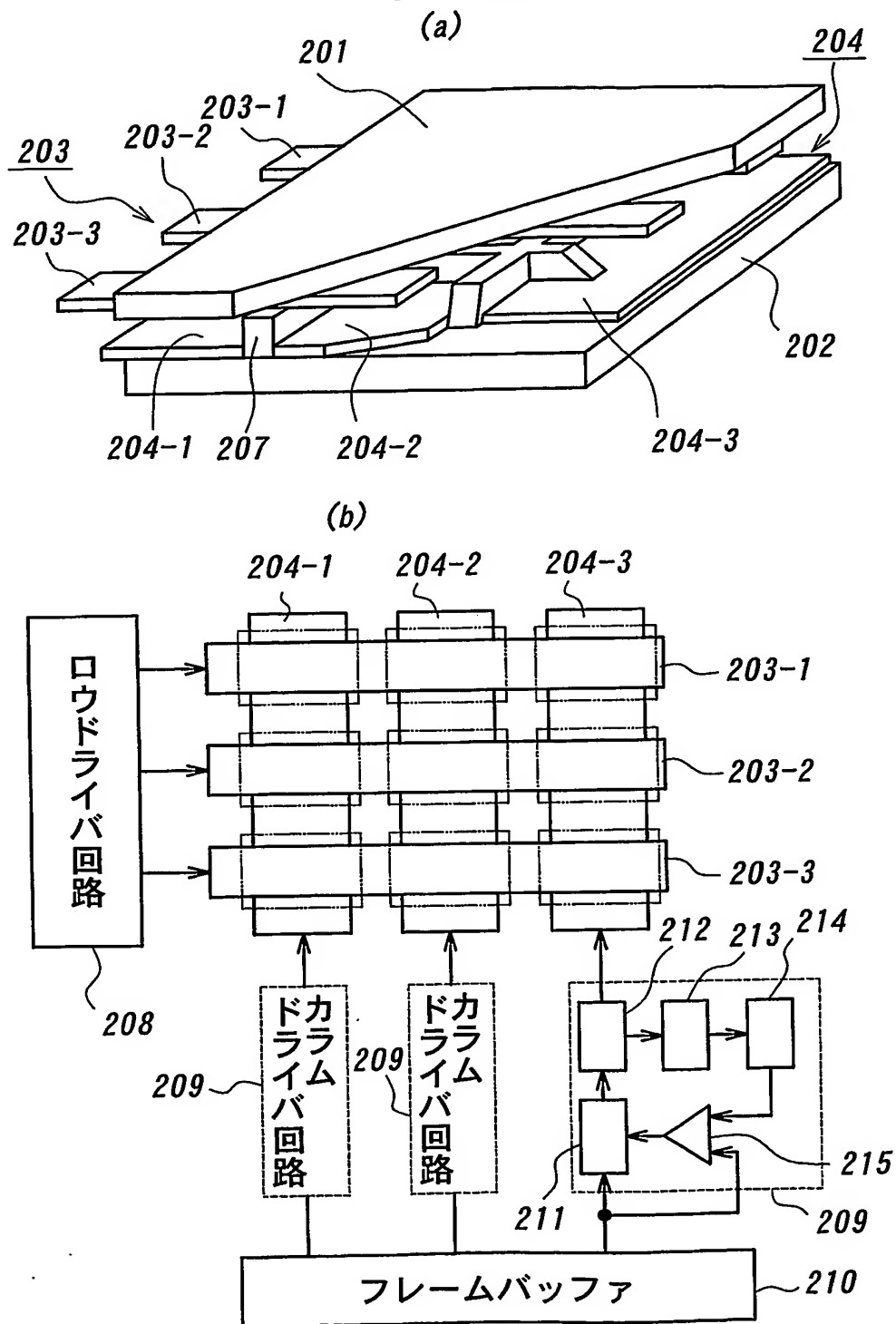


FIG. 21

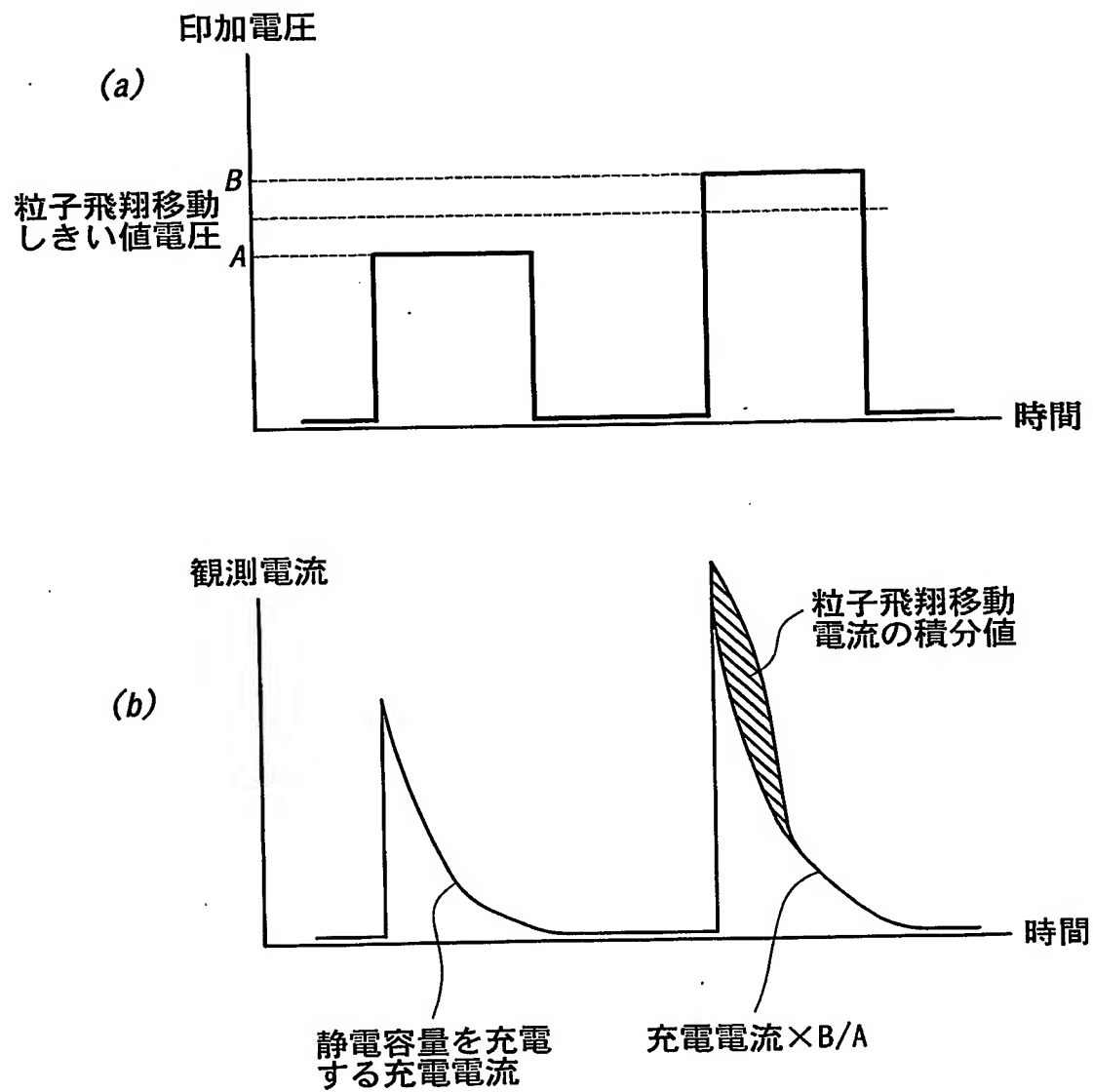


FIG. 22

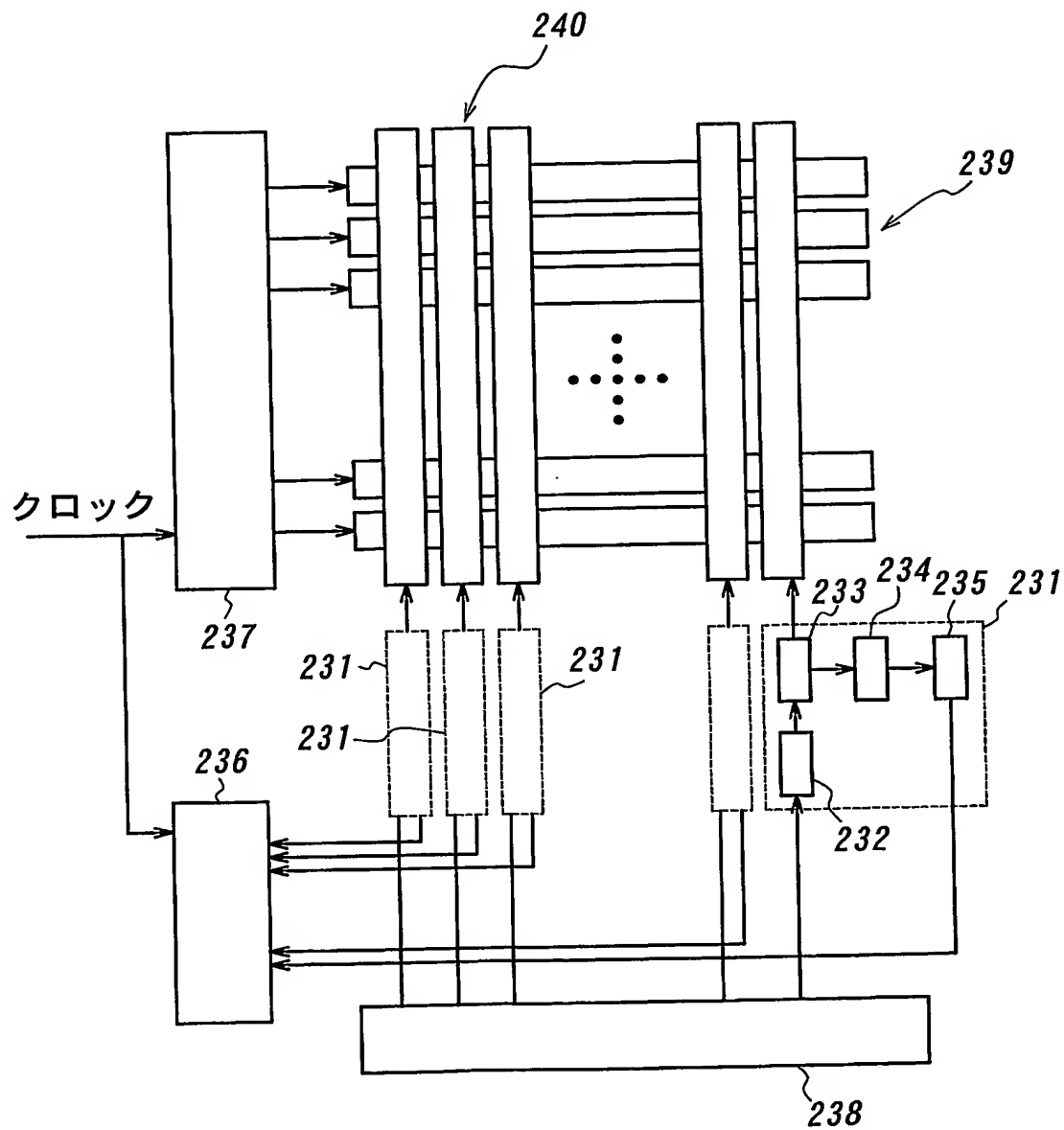
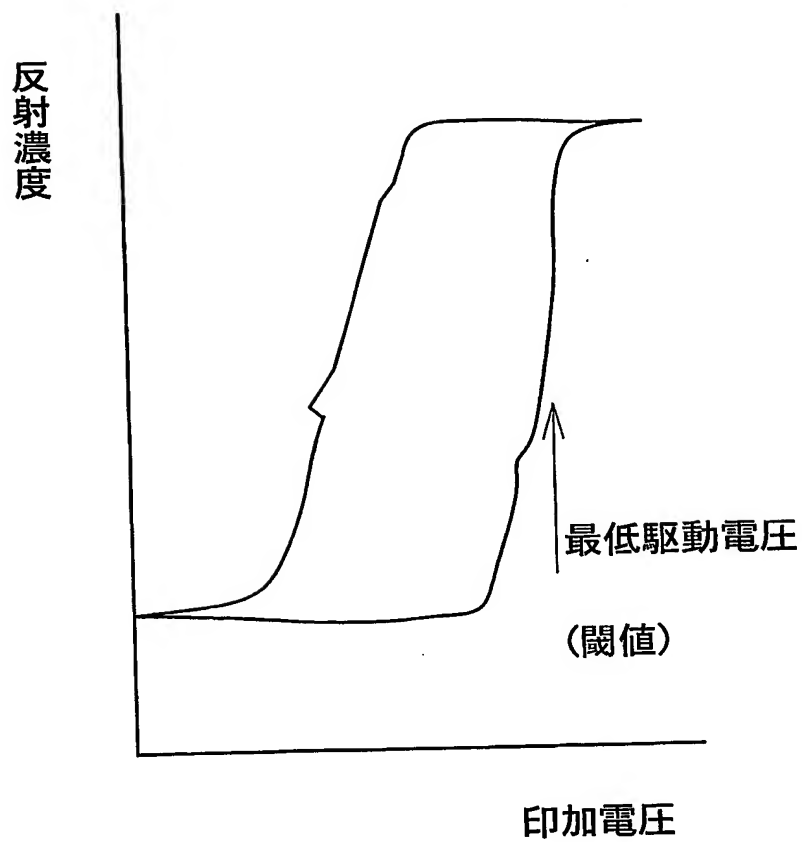


FIG. 23



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04924

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02F1/17, G02F1/167

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G02F1/17, G02F1/167

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2002/27635 A1 (FUJI XEROX CO., LTD.), 07 March, 2002 (07.03.02), Par. Nos. [0058], [0072] & JP 2002-72257 A	14-15 1-13, 16-24
A	JP 2-119625 U (Toyota Motor Corp.), 26 September, 1990 (26.09.90), Full text (Family: none)	1-12, 17-24
A	US 2002/54620 A1 (MINOLTA CO., LTD.), 28 February, 2002 (28.02.02), Full text & JP 2001-290179 A	1-24

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
14 July, 2003 (14.07.03)

Date of mailing of the international search report
05 August, 2003 (05.08.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04924

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims 1-13, 17-24 relate to restricting the uneven distribution of charged particles by introducing an uneven electric field.

Claims 14-16 relate to reducing a drive voltage by decreasing particle-wall surface adhesion.

Claims 25-34 relate to reading an image display status.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1-24

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G02F1/17, G02F1/167

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G02F1/17, G02F1/167

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公案 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	US 2002/27635 A1 (FUJI XEROX CO., LTD.) 2002. 03. 07 (第【0058】段落, 第【0072】段落) & JP 2002-72257 A	14-15 1-13, 16-24
A	JP 2-119625 U (トヨタ自動車株式会社) 1990. 09. 26 (全文) (ファミリーなし)	1-12, 17-24
A	US 2002/24620 A1 (MINOLTA CO., LTD.) 2002. 02. 28 (全文) & JP 2001-290179 A	1-24

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 07. 03

国際調査報告の発送日

05.08.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

植田 高盛

2X

2912

電話番号 03-3581-1101 内線 3293

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査することを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-13、17-24は、不均一電界を導入することで、帯電粒子の偏在を抑制することに関するものである。

請求の範囲14-16は、粒子-壁面間の付着力を減少させることにより、駆動電圧を低減することに関するものである。

請求の範囲25-34は、画像表示状態を読み出すことに関するものである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲1-24

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。